

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“NIVELES DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN EL CENTRO
POBLADO SANTA ROSA DE SHAPAJILLA POR DESBORDE DE
LA QUEBRADA “ALIMONIA”, TINGO MARÍA 2019”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: García Verde, Jyko Hoss

ASESOR: Dueñas Tuesta, Marco Antonio

HUÁNUCO – PERÚ

2021

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANCAYO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería civil

Disciplina: Ingeniería civil

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 70761140

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40996454

Grado/Título: Maestro en agroecología, mención
gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-2217-7232

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Chiguala Contreras, Yasser Everet	Maestro en ciencias económicas, mención: proyectos de inversión	18081080	0000-0001-5877-9377
2	Marin Alva, Victor Bernardino	Ingeniero civil	06015430	0000-0002-7908-909X
3	Cardenas Vega, Jose Antonio	Ingeniero en informática y sistemas	42878755	0000-0003-2365-566X

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO(A) CIVIL**

En la ciudad de Tingo María, siendo las **18:30** horas del día **viernes 05 de noviembre de 2021**, mediante la plataforma Google Meet, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:


- | | |
|--|------------|
| • MG. YASSER EVERET CHIGUALA CONTRERAS | PRESIDENTE |
| • ING. VICTOR BERNARDINO MARIN ALVA | SECRETARIO |
| • ING. JOSÉ ANTONIO CARDENAS VEGA | VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN N° 1390-2021-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "NIVELES DE RIESGO POR INUNDACIÓN EN EL CENTRO POBLADO SANTA ROSA DE SHAPAJILLA POR DESBORDE DE LA QUEBRADA "ALIMONIA", TINGO MARÍA 2019", presentado por el (la) Bachiller. **GARCÍA VERDE, JYKO HOSS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

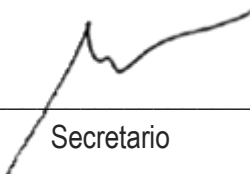
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 13 y cualitativo de SUFICIENTE (Art. 47).

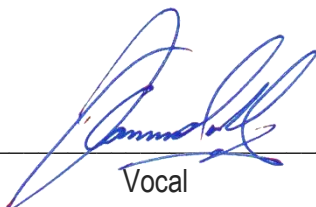
Siendo las 19:30 horas del día viernes 05 del mes de noviembre del año 2021, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.



Presidente



Secretario



Vocal

DEDICATORIA

A mis padres, por darme la vida, por
sugran amor y sacrificio, quienes me
motivaron y me brindaron su ayuda,
consejos y fortalezas para seguir
adelante. Por sus esfuerzos y amor
por dirigirme por la vida, por su gran
ejemplo y esfuerzo, por su
perseverancia y constancia que han
infundido en mí.

A las personas más queridas en mi vida
y amistades, por su inmenso sacrificio
y apoyo desinteresado, donde quería
se encuentren van dedicadas estas
páginas eternas, con inmensa gratitud.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, quien me regalo la oportunidad de culminar mi carrera y me brindo la fuerza necesaria para vencer los obstáculos que se presentaron en el camino.

“El Señor es mi fuerza y mi escudo; mi corazón en él confía; de él recibo ayuda.

A mi asesor, Ing. Dueñas Tuesta Marco Antonio por su paciencia, apoyo continuo y su acertado asesoramiento en el proceso de elaboración de mi trabajo.

A mi Alma Máter Universidad de Huánuco, por ser mi segundo hogar que me albergó durante mi carrera de ingeniería civil y me permitió formarme profesionalmente.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	X
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	15
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	18
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	18
1.3. OBJETIVO GENERAL	19
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION	20
CAPITULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	22
2.2. BASES TEÓRICAS.....	24
2.2.1. ANÁLISIS JERÁRQUICO SAATY (AHP)	24
2.2.2. CÁLCULO DEL NIVEL DE PELIGRO	26
2.2.3. ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES.....	27
2.2.4. ESTIMACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO	28
CAPITULO III	31
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	31

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	31
3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	31
CAPITULO IV.....	32
RESULTADOS.....	32
4.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD OBSERVADA.....	32
4.2. APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	38
4.3. PELIGRO DE INUNDACIÓN	45
4.4. VULNERABILIDAD	50
4.5. RIESGOS.....	54
CAPITULO IV.....	55
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	55
5.1. PELIGROS DE INUNDACIÓN	55
5.2. VULNERABILIDADES DEL CASERÍO	56
5.3. RIESGOS DE INUNDACIÓN	57
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala numérica y explicación verbal para la asignación de importancias relativas en a la matriz de comparación de pares.....	25
Tabla 2. Clasificación del peligro para inundaciones estáticas y dinámicas.	26
Tabla 3. Calificación de los niveles de riesgo a partir del rango de valores producto del peligro de inundación y vulnerabilidad de la zona.	29
Tabla 4. Descripción e implicancias en el Ordenamiento territorial de los niveles de riesgo.	29
Tabla 5. Puntos del cuadrante del área de estudio	32
Tabla 6. Valores promedios y absolutos de temperatura, valores de precipitación de las estaciones meteorológicas correspondientes a la región Selva - Rupa Rupa de Huánuco.	35
Tabla 7. Clasificación de la intensidad del peligro y ponderación Saaty respectiva.....	39
Tabla 8. Ponderación Saaty del indicador de exposición.....	40
Tabla 9. Ponderación Saaty de los indicadores de fragilidad ante inundaciones	40
Tabla 10. Pesos relativos para las dimensiones de la fragilidad ante inundaciones.....	41
Tabla 11. Ponderación Saaty de los indicadores de resiliencia ante inundaciones.....	41
Tabla 12. Pesos relativos para las dimensiones de la fragilidad ante inundaciones.....	42
Tabla 13. Rangos de los niveles de riesgo.	43

Tabla 14. Descripción de los niveles de riesgo	43
Tabla 15. Cálculo del caudal de inundación a partir de la ecuación de Manning, tomando como referencia las alturas de inundaciones pasadas .	46
Tabla 16. Conteo y porcentaje de lotes expuestos a diferentes profundidades de inundación.	47
Tabla 17. Análisis de los lotes afectados por la inundación.	49
Tabla 18. Niveles de vulnerabilidad en el caserío Santa Rosa de Shapajilla.	53
Tabla 19. Niveles de riesgo en el caserío Santa Rosa de Shapajilla	54
Tabla 20. Matriz de comparación de pares de las dimensiones de fragilidad.	66
Tabla 21. Cálculo de la razón de consistencia para la fragilidad.	66
Tabla 22. Matriz de comparación de pares de las dimensiones de resiliencia”	66
Tabla 23. Cálculo de la razón de consistencia para la resiliencia	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica del caserío Santa Rosa de Shapajilla.	15
Figura 2. Factores de vulnerabilidad en la metodología CENEPRED.....	27
Figura 3. Mapa de ubicación del lugar en estudio.....	33
Figura 4. Índice de exposición función a la densidad poblacional.....	39
Figura 5. Sección transversal para el cálculo del caudal de inundación a partir de alturas de referencia de inundaciones pasadas.....	45
Figura 6. Sección de corte transversal.....	46
Figura 7. Profundidades de inundación debido al desborde de la quebrada Alimonia	47
Figura 8. Velocidades de inundación debido al desborde de la quebrada Alimonia.	48
Figura 9. Niveles de peligro de inundación por desborde de la quebrada Alimonia en el Centro Poblado Santa Rosa de Shapajilla.....	49
Figura 10. Densidad poblacional de Kernel para el cálculo de la exposición.	50
Figura 11. Indicadores de fragilidad ante inundación por el desborde de la quebrada Alimonia en el centro poblado “Santa Rosa de Shapajilla”	51
Figura 12. Indicadores de resiliencia ante inundación por el desborde de la quebrada Alimonia del caserío de Santa Rosa de Shapajilla.....	52
Figura 13. Niveles de vulnerabilidad en el caserío Santa Rosa de Shapajilla	53
Figura 14. Niveles de riesgos de inundación por desborde de la quebrada Alimonia en el caserío de Santa Rosa de Shapajilla.....	54
Figura 15. Imagen aérea tomada por el Drone.	67

Figura 16. Visualización 3D a partir del modelo de elevación digital generado por el Drone	67
Figura 17. Visualización 3D en base al modelo de elevación digital generado por el Drone procesado en ArcGIS, considerando solo el nivel del terreno y las viviendas construidas.	68
Figura 18. Drone PHANTON 4 Pro utilizado para el levantamiento fotográfico.	69
Figura 19. Elevación del Drone para iniciar el trabajo de tomar fotografías aéreas de la zona de estudio.	69

RESUMEN

En la presente investigación se determinó los niveles y zonas de riesgos por inundación en el caserío de Santa Rosa de Shapajilla, ubicada en el distrito de Luyando, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco.

Se utilizó la metodología del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) con una ligera modificación en el cálculo del peligro; donde se utilizó el método de INDECI para la clasificación del peligro en función a la profundidad e inundación.

Para el cálculo del peligro se trabajó con la modelación HEC – RAS para las inundaciones, donde se realizó el modelo de elevación digital (MED) mediante un vuelo de DRONE que cubrió toda el área de estudio, el caudal de inundación se calculó a partir del tiran de altura de inundaciones pasadas, y así mismo se analizaron los riesgos de inundación.

Para el análisis de vulnerabilidad se levantó información socioeconómica de la población y de infraestructura, se realizó un muestro aleatorio para una población finita (242 encuestas)

Los resultados obtenidos son los siguientes: para el peligro de inundación, la cantidad de lotes afectados asciende a 180, los cuales se encuentran en las categorías de peligro bajo, medio, alto y muy alto en un 18,9% (34), 18,3% (33), 48,3% (87) y 14,4% (26) respectivamente.

Para los niveles de vulnerabilidad en el caserío, se encontró que 58,7% (142) de los lotes tiene una vulnerabilidad alta, 41,3% (100) de los lotes tienen una vulnerabilidad media. Finalmente, para los niveles de riesgo, de los 180 lotes construidos afectados por la inundación 107 (60,3%) presentan riesgo medio, 55 (30,5%) presentan riesgo alto y 18 (9,2%) presentan riesgos muy altos.

Se concluye que el caserío de Santa Rosa de Shapajilla no es segura, sobre todo en épocas de invierno en toda la provincia de Leoncio Prado.

Palabras clave: Vulnerabilidad, Peligro, Riesgo, CENEPRED, INDECI, SAATY.

ABSTRACT

In this investigation, the levels and areas of flood risk were determined in the village of Santa Rosa de Shapajilla, located in the district of Luyando, province of Leoncio Prado, department of Huánuco.

The methodology of the National Center for the Estimation, Prevention and Reduction of Disaster Risk (CENEPRED) was used with a slight modification in the calculation of the danger; where the INDECI method was used to classify the hazard based on depth and flooding.

To calculate the danger, we worked with the HEC - RAS modeling for floods, where the digital elevation model (MED) was carried out by means of a DRONE flight that covered the entire study area, the flood flow was calculated from the They measure the height of past floods, and flood risks were also analyzed.

For the vulnerability analysis, socioeconomic information on the population and infrastructure was collected, a random sample was carried out for a finite population (242 surveys)

The results obtained are as follows: for flood hazard, the number of affected lots amounts to 180, which are in the low, medium, high and very high hazard categories by 18.9% (34), 18 , 3% (33), 48.3% (87) and 14.4% (26) respectively.

For the vulnerability levels in the hamlet, it was found that 58.7% (142) of the lots have a high vulnerability, 41.3% (100) of the lots have a medium vulnerability. Finally, for the risk levels, of the 180 built lots affected by the flood, 107 (60.3%) present medium risk, 55 (30.5%) present high risk and 18 (9.2%) present very high risk . It is concluded that the hamlet of Santa Rosa de Shapajilla is not safe, especially in winter in the entire province of Leoncio Prado. "

Keywords: Vulnerability, Danger, Risk, CENEPRED, INDECI, SAATY.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, las inundaciones son los desastres naturales más comunes y de mayor impacto en pérdida de vidas humanas y materiales. Según un informe del Centro de Investigación en Epidemiología de Desastres, (CRED, 2015) para el periodo 1994 — 2013 las inundaciones fueron el tipo de desastre más frecuente y representaron el 43% de todos los eventos, también afectaron a más personas que todos los demás tipos de desastres naturales juntos, es decir, el 55% del total mundial (alrededor de 2500 millones de personas). Las inundaciones también se hicieron cada vez más frecuentes, pasando de una media anual de 123 entre 1994 y 2003 a una media anual de 171 en el período 2004-2013. En América del Sur, por ejemplo, 500.000 personas se vieron afectadas por las inundaciones en promedio entre 1994 y 2003. En el decenio siguiente (2004-2013), ese número se había elevado a dos millones de personas, es decir, cuatro veces más.

Por otra parte, según el Aquaduct Global Flood Analyzer, una herramienta interactiva en línea de seguimiento de inundaciones, se espera que hasta el 2030, las pérdidas económicas debido al daño urbano por las inundaciones en Perú asciendan a la suma de 2300 millones de dólares.

Los riesgos identificados en la provincia de Leoncio Prado (siguiendo la metodología del INDECI) tienen la categoría de alto a muy alto, alcanzando las inundaciones un valor de 70%. Esta realidad se puede ver reflejada también en el caserío de Santa Rosa de Shapajilla, que frecuentemente se ve afectada por el desborde de la quebrada “Alimonia”, causando pérdidas materiales y sociales. Por lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente interrogante: ¿Cuáles serán los niveles y zonas de riesgo por inundación en el caserío Santa Rosa de Shapajilla?

Las inundaciones pluviales poseen impactos diversos en función del nivel de peligrosidad del fenómeno y del nivel de vulnerabilidad de la población, en tal sentido este estudio nos permitirá establecer de una manera objetiva el nivel de riesgo por inundación en el caserío Santa Rosa de

Shapajilla. en tal sentido este estudio nos permitirá establecer de una manera objetiva el nivel de riesgo por inundación en el caserío Santa Rosa de Shapajilla.

Esta investigación posee un alcance técnico aplicable por parte del gobierno regional quien debe *“Formular, coordinar y supervisar estrategias que permitan controlar el deterioro ambiental y de salud en las ciudades y a evitar el poblamiento en zonas de riesgo para la vida y la salud, en coordinación con los Gobiernos Locales, garantizando el pleno respeto de los derechos constitucionales de las personas”* (Artículo 50, inciso f de la Ley N° 27867 Ley Orgánica de gobiernos regionales).

El Perú participó activamente en las negociaciones internacionales (el acuerdo de Paris y la Asamblea de Naciones Unidas para el Medio Ambiente efectuadas para la adopción de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), y también se ha comprometido con su ejecución, la realización de su seguimiento y la evaluación de los progresos conseguidos. Uno de los ODS (Objetivo 11) tiene como fin *lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles*, y tiene como una de sus metas evitar la ubicación de las viviendas en zonas de riesgo. Este estudio podrá identificar dichas zonas para la posterior toma de decisiones.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

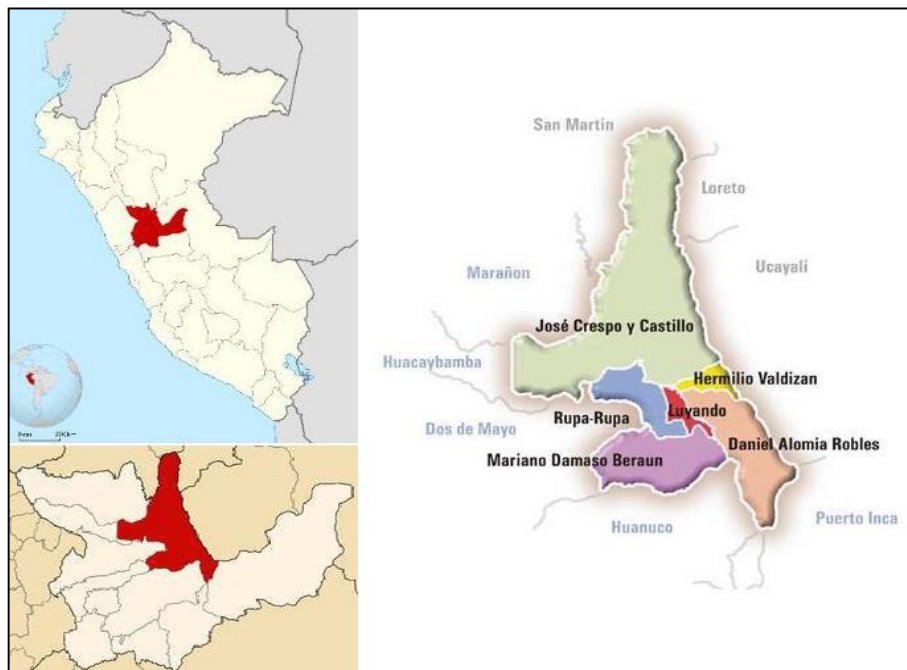
Caserío de Santa Rosa de Shapajilla.

Ubicación geográfica

Ubicada al margen derecho del Rio Huallaga a 6km de la ciudad de Tingo María, en el departamento y región de Huánuco se localiza en la parte central del país, provincia de Leoncio Prado, distrito de Luyando. Esta comprendido entre territorio de selva alta y selva baja.

Está ubicada de manera estratégica (central) que permite conectar con los otros distritos a través de la carretera Fernando Belaunde Terry que recorre todo el tramo con dirección a la provincia de Tocache y Mariscal Cáceres en el departamento de San Martín.

Figura 1. Ubicación Geográfica del caserío Santa Rosa de Shapajilla.



Superficie territorial

Presenta una pendiente de 0% a 10% con abundantes depósitos fluviales y aluviales consolidados, compuestos por limos, arenas y gravas, por estar paralelo al río Huallaga y Tulumayo, zona baja del territorio, abarca aproximadamente el 35% del territorio y alberga los suelos agrícolas más productivos, el mismo que es atravesado por el eje de la carretera.

Así mismo presenta un relieve de cerros medianamente pronunciados, con colinas medias y altas, caracterizadas por presentar climas sub - redondeadas y laderas largas con húmedo tropical – Selva alta.

Los vientos soplan de Este, Nor-Este y Sur, traen consigo nubes húmedas, que genera una alta frecuencia de lluvias, con una velocidad del viento que está alrededor de 5.95 km/h y una temperatura media de 24.31 °C.

Aspectos socio demográficos

El distrito de Luyando tiene una tasa de crecimiento de 1.35%, asimismo representa el 7% de la población de la provincia de Leoncio Prado el cual cuenta con 8951 pobladores; el caserío de Santa Rosa de Shapajilla cuenta con 686 pobladores, perteneciendo a una localización rural; esto según el Censo Nacional y Vivienda. INEI (2017)

Aspectos económicos

En la provincia de Leoncio Prado, la principal actividad económica es la agricultura, el cual representa un 65,72% de la Producción Económica Agrícola.

La estructura actual de la agricultura en la provincia de Leoncio Prado se basa en: tres grupos de cultivos: cultivo permanente (70,57%); cultivos semipermanentes (26,31%) y cultivos transitorios (2,70%). Los productos bandera tanto a nivel provincial como distrital, son el cacao y el café, además que son los que más se promueven en la cartera de inversión, como se puede observar el precio por tonelada que tiene el cacao es la más rentable en comparación a los otros productos que se producen en el lugar. También

observamos que actualmente el cacao y café se encuentran en el mercado laboral a nivel internacional, nacional y local. (MINAGRI, 2012).

El distrito de Luyando, es uno de los mayores productores de cacao registrados en la temporada 2017-2018, y a la vez el cuarto productor de café en la provincia de Leoncio Prado, con 285.10 toneladas, siendo una de las fortalezas en la agricultura, ya que tiene una gran incidencia en el mercado, (generador de empleos y seguridad alimentaria) en el que cada año va creciendo con mayor área de cultivos en la provincia.

Aspecto social

Salud

La provincia de Leoncio Prado cuenta con 32 establecimientos de salud, en donde el distrito de Luyando tiene 6 Puestos de Salud, una de ellas se ubica en el caserío de Santa Rosa de Shapajilla que cuenta con categoría I-1, rural; todas ellas supervisadas por el Ministerio de Salud, a través de la Dirección Regional de Salud y la Red de Salud de Leoncio Prado - Oficina de informática, telecomunicaciones y estadística (DIRESA - HUANUCO, 2018)

Educación

Las instituciones educativas con las que cuenta la UGEL Leoncio Prado suman un total de 689, entre estatales (90.5%) y privadas (9.5%). El 59.8% corresponden al nivel primario de menores, el 26.6% al nivel inicial y el 10.8% corresponde al nivel secundario de menores. (MINEDU,2019)

Así mismo, en el distrito de Luyando se cuenta con 60 centros educativos, donde el caserío de Santa Rosa de Shapajilla, tiene 4, entre ellas niveles de inicial-jardín, inicial no escolarizado, primaria y secundaria. (MINEDU,2019)

Vías de comunicación

Para el acceso del caserío de Santa Rosa de Shapajilla, en el distrito de Luyando existe la carretera central que conecta a la provincia con Huánuco,

Cerro de Pasco, Junín y Lima. En cuanto a la red de camino de herradura existente en el área rural de la provincia de Leoncio Prado, que en total son 88, tiene una extensión de 705.7 km., distribuidos en los seis distritos, de los cuales el distrito de Luyando tiene 7 caminos con una longitud de 42.5 km.

Servicios Básicos

Cuentan con sistemas de abastecimiento de agua que consiste en un sistema de bombeo, el cual extrae de un ojo de agua de ahí es suministrado a un reservorio del cual se distribuye el agua a lo largo de todo el centro poblado, está completamente ausente, puesto que en las épocas de lluvias siguen teniendo problemas de drenaje de las aguas que encharcan las calles.

El servicio de energía eléctrica es brindado por Electrocentro, el cual abastece a todo el centro poblado durante 24 horas del día, en cuanto a la iluminación de las calles esta solo se da en la parte central y parte del casco urbano, así mismo se tiene acceso a los medios de comunicación telefónico, radial, escrito, internet y televisivo.

Actualmente el servicio de recojo de residuos sólidos es proporcionado por la municipalidad de Luyando.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles serán los niveles y zonas de riesgo por inundación en el caserío Santa Rosa de Shapajilla?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿De qué manera estimar el nivel de peligro por inundación en el caserío Santa Rosa de Shapajilla?
- ¿De qué manera realizar el análisis de vulnerabilidad ante el peligro de inundación del caserío Santa Rosa de Shapajilla?
- ¿De qué manera estimar y caracterizar el nivel de riesgo por inundación el caserío Santa Rosa de Shapajilla?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Determinar los niveles y zonas de riesgo por inundación en el caserío Santa Rosa de Shapajilla.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar el nivel de peligro por inundación en el caserío Santa Rosa de Shapajilla.
- Realizar el análisis de vulnerabilidad ante el peligro de inundación del caserío Santa Rosa de Shapajilla.
- Estimar y caracterizar el nivel de riesgo por inundación el caserío Santa Rosa de Shapajilla.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Los beneficiarios de los resultados de la investigación serán múltiples, pues en el ámbito académico, la Universidad podrá desarrollar nuevos conocimientos a través de este estudio; en el campo institucional, se establecerán cuáles fueron los niveles y zonas de riesgo por inundación en el caserío Santa Rosa de Shapajilla por lo que los demás caseríos tendrán una base en la que plasmar sus estimaciones y tomar las precauciones del caso.

En el ámbito social, esta investigación como parte de la vinculación con la sociedad y al mostrar que en la provincia de Leoncio Prado se reportaron por parte del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), 2 eventos de inundaciones productos de las precipitaciones pluviales intensas, tras el desborde del río Huallaga se produjo la inundación en el Caserío de Santa Rosa de Shapajilla.

Primer evento

En la madrugada del martes 26 de diciembre 2006, según el Informe de Emergencia N° 057 23/01/2007/ COEN-SINADECI / 19:30 horas, donde se evaluaron los daños ocasionados siendo 568 familias damnificadas y 2602 afectadas, y se brindaron ayuda humanitaria entregando a la población

materiales para techo, abrigo, enseres, atención de alimentos, herramientas u otros; por parte del Compendio Estadístico e Información de Prevención y Atención de Desastre – Leoncio Prado (CPDC-Leoncio Prado) y el Programa Nacional de Asistencia Alimentaria (PRONAA).

Segundo evento

El 13 de noviembre de 2017, a las 04:00 horas aproximadamente, según REPORTE COMPLEMENTARIO N°534-12/12/2017/COEN – INDECI /17:00 HORAS producto de las continuas precipitaciones pluviales se generó un aumento de caudal y posterior desborde del río Supte, el cual afectó a las viviendas de los caseríos de Río Negro y Santa Rosa de Shapajilla en el distrito de Luyando, siendo en el distrito de Luyando 42 familias y viviendas afectadas, a través de la oficina de Defensa Civil de la Municipalidad distrital de Luyando y el Centro de Operaciones de Emergencias Nacional (COEN) se dio el seguimiento de la emergencia y se brindó la ayuda humanitaria necesaria, dando a los pobladores abrigos, herramientas, entre otras acciones.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

- Acceso a zonas de riesgo, principalmente en épocas de lluvia.
- Poca disponibilidad de expertos en prevención e investigación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

En el trabajo de ROMALI, YUSOP, y ISMAIL, (2018) titulado “Application of HEC-RAS and Arc GIS for floodplain mapping in Segamat town, Malaysia” Se presenta la aplicación del modelo HEC-RAS al desarrollo de mapas de llanuras de inundación para un área urbana en la ciudad de Segamat en Malasia. El análisis utilizó el Radar de Apertura Sintética Interferométrica (IFSAR) como los principales datos de entrada del modelado. Cinco modelos de distribución: Pareto Generalizado, Valor Extremo Generalizado, Log-Pearson 3, Log-Normal y Weibull fueron probados en análisis de frecuencia de crecidas para calcular caudales extremos con diferentes períodos de retorno. Usando la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS), se encontró que el Pareto Generalizado era la mejor distribución para el río Segamat. Las crecidas máximas derivadas del análisis de frecuencias para períodos de retorno seleccionados se introdujeron en el modelo HEC-RAS para encontrar los niveles de crecida correspondientes previstos. Los resultados obtenidos del modelo HEC-RAS se utilizaron en ArcGIS para preparar mapas de llanuras de inundación para diferentes períodos de retorno. Los resultados indicaron que la mayoría de las áreas inundadas en el período simulado de retorno de 100 años también se vieron afectadas por las inundaciones históricas de 2011. Para un tiempo de retorno de 100 años, el área inundada fue casi 5 veces más grande que el nivel del mar. más grande que la inundación para un tiempo de retorno de 10 años.

Otro estudio que trabaja las zonas de riesgo de inundación es el de QUIROGAA et al., (2016) titulado “Application of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia flood: Application of the new HEC-RAS version 5. El estudio aplicó el HEC-RAS-v5 para la simulación del evento de inundación en la Amazonía del

pasado febrero del 2014. Comparando la inundación simulada con la imagen satelital del evento de inundación, esta mostró mejor rendimiento. Asimismo, proporcionó información como la profundidad del agua, la velocidad del flujo y una variación temporal de la inundación. Se identificaron ubicaciones específicas donde el agua empieza a desbordarse. En su mayoría del área inundada, la velocidad del agua es inferior a $0,25 \text{ ms}^{-1}$. En los primeros días de la inundación, su extensión aumenta rápidamente. La profundidad de la inundación permite identificar áreas expuestas a diferentes niveles de peligro. La llanura oeste del río Mamore es la más expuesta a la inundación; muestra mayor extensión y duración de inundación, también la mayor profundidad del agua. La inundación que amenaza a la ciudad de Trinidad se origina en dos lugares; ubicados a 32 km al norte y a 10 km al suroeste. La inundación del norte se acerca a Trinidad 12 días después de que comienza a desbordarse, mientras que la inundación del sur se acerca a Trinidad 7 días después de que comienza a desbordarse. Aunque la inundación del norte es más profunda que la inundación del sur, la inundación del sur comienza a inundarse antes que el norte. Por lo tanto, las enfermedades transmitidas por el agua y por vectores pueden originarse en el sur antes que en el norte. La ciudad de San Javier queda cubierta por una inundación cinco días después de que el agua comienza a desbordarse. El estudio expone la aplicabilidad y el valor de las capacidades 2D del nuevo HEC-RAS para los estudios de inundación.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

En el trabajo realizado por TUESTA (2018) sobre el "Análisis y evaluación del fenómeno de inundación en la margen izquierda del río Huallaga como una herramienta de gestión de riesgo en el distrito de Castillo Grande" los niveles de riesgos encontrados pertenecen a la categoría de medio y alto, siendo todos estos resultados no georreferenciados espacialmente. "La población del área de influencia del estudio es de 13,450 habitantes al año 2015 en el distrito de Castillo Grande, conformado por 2144 familias, mientras que la población en el área de influencia directa del estudio es de 262 familias conformadas por

228 familias en la zona urbana y 34 en la zona rural, haciendo un total de 1681 habitantes susceptibles al fenómeno de inundación". En dicho estudio, no se realizó un análisis real de los escenarios de inundación posibles para determinar el área de influencia y el peligro, solo se limitó en acontecimientos pasados, asimismo, no se hizo una simulación hidráulica con un tiempo de retorno determinado, una periodicidad y magnitud del fenómeno.

Otro trabajo de riesgo por inundación es el de TAPULLIMA (2018) titulado "Análisis de riesgo por inundación en la cuenca del río Supte Chico mediante modelamiento geoespacial". La investigación se realizó en la cuenca Supte San Jorge el cual está ubicado en el distrito Rupa Rupa, de la provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, su objetivo fue "evaluar el riesgo por inundación en la cuenca del río Supte Chico. La metodología consistió en la recopilación de datos de gabinete determinando los parámetros morfométricos, precipitación, curvas IDF y de campo para estimar los caudales máximos, los peligros con sus respectivos escenarios, análisis de vulnerabilidad social, económica y ambiental y riesgos por inundación de la localidad de Supte Chico; se analizó e interpreto los resultados para plasmarlos en los respectivos mapas temáticos. Los resultados obtenidos fueron: presenta un área aproximada de 15.38 km², perímetro 18.79 km, ancho medio 2.16 km, forma alargada, drenaje lento, precipitación de 3161 mm, correlación negativa entre precipitación y altitud fue de 0.94, es confiable el modelo para un Tr de 30, 50 y 140 años y los caudales máximos promedio para un periodo de retorno de 140 años es 134.18 m³/s. en 7 sectores presentan peligro alto y muy alto con 12.44% y 87.56%, vulnerabilidad social alta y muy alta con 83.98% y 16.02%, vulnerabilidad económica alta y muy alta con 90.88% y 9.12% y una vulnerabilidad ambiental muy alta al 100%, y posee un riesgo alto y muy alto en el 12.44% y 87.56% del área evaluada respectivamente. Finalmente se calculó el costo de las probables pérdidas económicas en S/ 11,088,000.00."

En el informe técnico realizado por SOLÓRZANO (2017) sobre la "evaluación de riesgo por inundación fluvial y flujo de detritos en el centro

poblado de Ascope, distrito de Ascope, provincia de Ascope y departamento de La Libertad"; se utilizó la metodología CENEPRED para la estimación de riesgo, para la inundación fluvial, en el cálculo del peligro, se utilizó como factor desencadenante a las precipitaciones y como factor condicionante a la geología, geomorfología y pendiente, para el cálculo de la vulnerabilidad social se analizó los elementos expuestos de población, tipo de viviendas, centros educativos y de salud, por otra parte la fragilidad estuvo representada por los grupos etarios y la proporción de personas con alguna discapacidad, finalmente la resiliencia fue representada por el nivel educativo, tipo de seguro y proporción de personas beneficiarias de algún programa social. Los riesgos hallados por inundación fueron de altos a muy altos con pérdidas económicas estimadas en S/. 44' 415,668.53 soles.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. ANÁLISIS JERÁRQUICO SAATY (AHP)

El proceso de jerarquía analítica (AHP) se viene realizando en la programación multicriterio, ya que es una técnica para la toma de decisiones en entornos complejos, en los cuales se tienen muchas variables o criterios para la priorización y selección de las alternativas o proyectos.

AHP se desarrollo en la década de 1970 por Thomas L. Saaty, época desde el cual ha venido siendo estudiado, actualmente es utilizado para la toma de decisiones en escenarios complejos, donde personas trabajan juntas en la toma de decisiones cuando las percepciones, juicios y las consecuencias humanas tienen repercusiones a largo plazo (CENEPRED, 2015).

- Definir el problema y determinar el tipo de conocimiento buscado.
- Estructurar la jerarquía de decisiones desde arriba con el objetivo de la decisión, luego los objetivos desde una perspectiva amplia, a través de los niveles intermedios (criterios de los cuales dependen

los elementos posteriores) hasta el nivel más bajo (que generalmente es un conjunto de alternativas).

- Construir un conjunto de matrices de comparación por pares. Cada elemento en un nivel superior se usa para comparar los elementos en el nivel inmediatamente inferior con respecto a él.
- Utilice las prioridades obtenidas de las comparaciones para sopesar las prioridades en el nivel inmediatamente inferior. Haz esto para cada elemento. Luego, para cada elemento en el nivel siguiente, agregue sus valores pesados y obtenga su prioridad global o global. Para este paso es necesario utilizar los valores propuestos por Saaty que se muestran en la Tabla 1.
- Continuar este proceso de pesaje y adición hasta que se obtengan las prioridades finales de las alternativas en el nivel más bajo.

Tabla 1. Escala numérica y explicación verbal para la asignación de importancias relativas en a la matriz de comparación de pares.

Escala numérica	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante que ...	“Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo”.
7	Mucho más importante preferido que ...	“Al comparar un elemento con otro el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante o preferido que el segundo”
5	Mas importante o preferido que ...	“Al comparar un elemento con otro el primero se considera más importante o preferido que el segundo”
3	Ligeramente más importante o preferido que ...	“Al comparar un elemento con otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo”
1	Igual importancia	“Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo”

2.2.2. CÁLCULO DEL NIVEL DE PELIGRO

Se define como la “probabilidad de que un fenómeno, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos” (CENEPRED, 2015)

Los aspectos de los cuales dependen la intensidad y los efectos potenciales de las inundaciones, son además de los aspectos meteorológicos, las características propias del terreno, como el tipo y uso de suelo, el tipo y la distribución de vegetación, la litología, las características de la red de drenaje, entre otros. Asimismo, se deben considerar los meandros y las zonas en los que los ríos se estrechan o pierden profundidad por falta de dragado, en especial las desembocaduras donde el limo y la tierra se acumulan al ser arrastrados por la corriente.

Según INDECI (2011) “Los criterios recomendados para evaluar la intensidad de las inundaciones son diferentes en dependencia del tipo de inundación. Para inundaciones estáticas se considera la profundidad o altura del flujo. Mientras que para inundaciones dinámicas se recomienda utilizar el producto de la velocidad por la profundidad del flujo.” (Siempre y cuando esta fórmula arroje valores más altos, en términos de intensidad que la anterior)

Tabla 2. Clasificación del peligro para inundaciones estáticas y dinámicas.

Niveles de intensidad	Profundidad del flujo (H) (m) (inundaciones estáticas)	Profundidad x velocidad del flujo (m^2/s) (inundaciones dinámicas)
Muy alta	$H > 1.5m$	$H*V > 1.5m$
Alta	$0.5m < H < 1.5m$	$0.5m < H*V < 1.5m$
Media Baja	$0.25m < H < 0.5m$	$0.25m < H*V < 0.5m$
Baja	$< 0.25m$	$H*V < 0.25m$

2.2.3. ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES

La vulnerabilidad presenta 3 factores, la exposición, que hace referencia a los elementos expuestos al peligro, la fragilidad, que está referido el nivel de debilidad del elemento expuesto y la resiliencia, que hace referencia al nivel de respuesta ante una amenaza (CENEPRED, 2015)

Figura 2. Factores de vulnerabilidad en la metodología CENEPRED.



2.2.3.1. EXPOSICIÓN

ISDR (2011) menciona que, “la Exposición, está referida a las decisiones y prácticas que ubican al ser humano y sus medios de vida en la zona de impacto de un peligro. La exposición se genera por una relación no apropiada con el ambiente, que se puede deber a procesos no planificados de crecimiento demográfico, a un proceso migratorio desordenado, al proceso de urbanización sin un adecuado manejo del territorio y/o a políticas de desarrollo económico no sostenibles. A mayor exposición, mayor vulnerabilidad”

2.2.3.2. FRAGILIDAD

La Fragilidad, es concernida como “las condiciones de desventaja o debilidad relativa del ser humano y sus medios de vida frente a un peligro. En general, está centrada en las condiciones físicas de una comunidad o sociedad y es de origen interno, por

ejemplo: formas de construcción, no seguimiento de normativa vigente sobre construcción y/o materiales, entre otros. A mayor fragilidad, mayor vulnerabilidad” (ISDR, 2011)

2.2.3.3. RESILIENCIA

La Resiliencia, se define como “el nivel de asimilación o capacidad de recuperación del ser humano y sus medios de vida frente a la ocurrencia de un peligro. Está asociada a condiciones sociales y de organización de la población. A mayor resiliencia, menor vulnerabilidad” (ISDR, 2011).

2.2.4. ESTIMACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO

El riesgo se define como “la probabilidad de que la población y sus medios de vida sufran daños y pérdidas a consecuencia de su condición de vulnerabilidad y el impacto de un peligro” (CENEPRED,2015).

“Una vez identificados y analizados los peligros a los que está expuesta el ámbito geográfico de estudio mediante la evaluación de la intensidad, la magnitud, la frecuencia o periodo de recurrencia, y el nivel de susceptibilidad ante los fenómenos de origen natural, y realizado el respectivo análisis de los componentes que inciden en la vulnerabilidad explicada por la exposición, fragilidad y resiliencia, la identificación de los elementos potencialmente vulnerables, el tipo y nivel de daños que se puedan presentar, se procede a la conjunción de éstos para calcular el nivel de riesgo del área en estudio” (CENEPRED, 2015).

A continuación, se presenta la fórmula para calcular el riesgo según la ley N°29664 mediante SINAGERD, el riesgo es una función f () del peligro y la vulnerabilidad.

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Tabla 3. Calificación de los niveles de riesgo a partir del rango de valores producto del peligro de inundación y vulnerabilidad de la zona.

Calificación	Rango
Riesgo Muy Alto	$0.260 \leq R < 0.503$
Riesgo Alto	$0.134 \leq R < 0.260$
Riesgo Medio	$0.068 \leq R < 0.134$
Riesgo Bajo	$0.035 \leq R < 0.068$
Sin Riesgo	$R < 0.035$

Fuente: CENEPRED (2015)

Tabla 4. Descripción e implicancias en el Ordenamiento territorial de los niveles de riesgo.

Niveles de riesgo	Descripción	Implicancias de Ordenamiento Territorial
Riesgo Muy Alto	Las personas están en peligro tanto dentro como fuera de sus casas. Existen grandes probabilidades de destrucción repentina de edificios y/o casas. Los eventos se manifiestan con una intensidad relativamente débil, pero con una frecuencia elevada o con intensidad fuerte. En este caso, las personas están en peligro afuera de los edificios.	Zona de prohibición, no apta para la instalación, expansión o densificación de asentamientos humanos. Áreas ya edificadas pueden ser protegidas con importantes obras de protección, sistemas de alerta temprana y evacuación temporal. Medidas estructurales que reduzcan el riesgo.
Riesgo Alto	Las personas están en peligro afuera de los edificios, pero no o casi no adentro. Se debe contar con daños en los edificios, pero no destrucción repentina de éstos, siempre y cuando su modo de construcción haya sido adaptado a las condiciones del lugar.	Zona de reglamentación, en la cual se puede permitir de manera restringida, la expansión y densificación de asentamientos humanos, siempre y cuando existan y se respeten reglas de ocupación del suelo y normas de construcción apropiadas. Construcciones existentes que no cumplan con las reglas y normas deben ser reforzadas,

		protegidas o desalojadas y reubicadas.
Riesgo Medio	El peligro para las personas es regular. Los edificios pueden sufrir daños moderados o leves, pero puede haber fuertes daños al interior de estos.	Zona de sensibilización, apta para asentamientos humanos, en la cual la población debe ser sensibilizada ante la ocurrencia de este tipo de peligro, a nivel moderado y poco probable, para el conocimiento y aplicación de reglas de comportamiento apropiadas ante el peligro.
Riesgo Bajo	El peligro para las personas y sus intereses económicos son de baja magnitud, con probabilidades de ocurrencia mínimas.	Zona de sensibilización, apta para asentamientos humanos, en la cual los usuarios del suelo deben ser sensibilizados ante la existencia de peligros muy poco probables, para que conozcan y apliquen reglas de comportamiento apropiadas ante la ocurrencia de dichos peligros.

Fuente: CENEPRED (2015)

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Sanchez y Reyes (2006) afirman que la investigación aplicada permite aplicar la ciencia a los problemas de la sociedad y las empresas. Para hacerlo, se nutre de las enseñanzas de la investigación básica, de la que toma los conocimientos necesarios.

En ese sentido la presente investigación es de tipo aplicada.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Por la naturaleza de la investigación no aplica población o muestra

3.3. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Materiales

- Planos del caserío Santa Rosa de Shapajilla
- Unidades de encuestas para la población

Equipos

- GPS Garmin 64
- DRONE Phantom 4 Pro V2.0
- Cámara fotográfica LUMIX DMC-LX100P

Herramientas

- Software Arc GIS 10.3
- Software HEC – RAS 4.1

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD OBSERVADA

Lugar de ejecución

La investigación se realizó en el caserío Santa Rosa de Shapajilla abarcando 3 km lineales aproximadamente desde el distrito de Luyando.

Ubicación política

El lugar donde se realizó la investigación pertenece políticamente:

- Departamento : Huánuco.
- Provincia : Leoncio Prado
- Distrito : Luyando

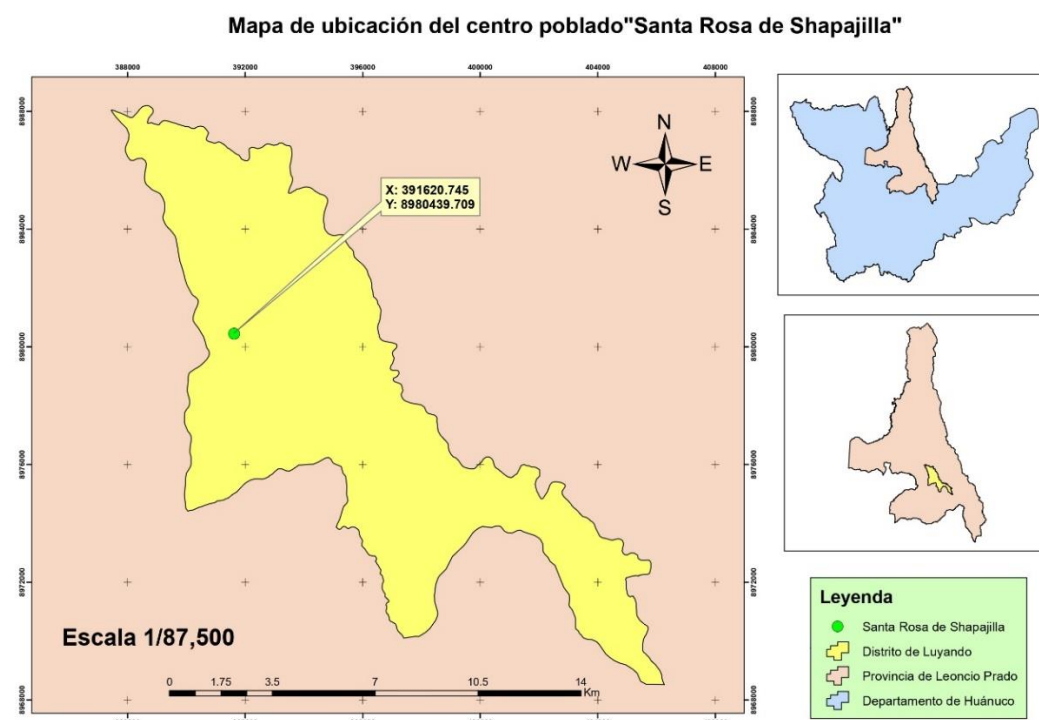
Ubicación geográfica

La ubicación del tramo del río Supte donde se efectuó la presente investigación, se muestran en coordenadas UTM, Datum WSG84 de la zona 18S, del empalme 18k desde la cota mas baja a las más alta respectivamente:

Tabla 5. Puntos del cuadrante del área de estudio

Puntos	Este	Norte	Altitud
1	392793	8974170	661
2	393012	8972356	676.9
3	392793	8972356	664.2
4	393012	8974170	665.1

Figura 3. Mapa de ubicación del lugar en estudio.



Clima

Según los estudios realizados por el Dr. Javier Pulgar Vidal, el departamento de Huánuco presenta un clima variado debido a los diferentes pisos altitudinales, asimismo, se encuentra enmarcado en dos regiones: selva y sierra, por lo que el clima en la selva es cálido y húmedo.

En la Provincia de Leoncio Prado se tiene un clima tropical, cálido y húmedo, que presentan características diferenciadas debido a la variación de temperaturas y al volumen de precipitación pluvial.

La precipitación promedio anual de la provincia de Leoncio Prado es de 3,179 mm, para un periodo de 34 años. En invierno, época del mayor volumen de precipitación se presentan precipitaciones que sobrepasan los 3,860 mm, estos se presentan en los meses de noviembre a marzo, que se interrumpe entre fines de diciembre hasta mediados de febrero. El verano, época de menores precipitaciones es comprendido entre los meses de mayo a octubre.

El territorio pertenece a la región natural Rupa Rupa o Selva Alta, con una zona de vida de Bosque muy Húmedo Montano Tropical (bmh. mt.) que propicia el crecimiento de abundante vegetación arbórea y arbustiva.

La humedad relativa mensual promedio es de 85.67% y su ritmo de variación está según el ciclo de lluvias, es así que durante la estación de lluvias se registra una mayor humedad .

La zona de estudio se caracteriza por una estación seca de junio - julio, como producto de la dirección norte que toman los vientos alisios en esta época del año, arrastrando durante el día masas de aire húmedo que, al no encontrar barreras como la cordillera, no producen lluvias .

En el espacio conformado por los distritos de José Crespo y Castillo, Mariano D. Beraún, Rupa Rupa, Luyando, Daniel A. Robles y Hermilio Valdizán es denominado las selvas; su variación térmica es elevada y puede alcanzar fácilmente los 20°C de diferencia con máximo de 38°C. y mínimos de 17°C, lo que se traduce en ciclos climáticos más acentuados .

“El clima del Alto Huallaga se clasifica como sub-húmedo, La combinación de calor y lluvias extremos dan como resultados índices de humedad relativa altas. La humedad relativa media fluctúa entre 80 y 90% y el ritmo de variación corresponde al ciclo de lluvias; durante la estación seca, se registran los más bajos promedios.” (PAT MPLP, 2019)

Elementos climáticos

SENAMHI-DZ10 (2020) menciona en su boletín hidro climático mensual que la región selva – rupa rupa, presenta en el mes de setiembre:

- **Temperatura máxima**

Las condiciones de cielo con nubes dispersas y cielo nublado predominaron en cantidad de días iguales, estas condiciones son características de precipitaciones antes de un evento de friaje. Las temperaturas máximas en la región se dan durante el mes de mayo,

en las estaciones meteorológicas de Tingo María y Aucayacu presentaron el valor absoluto de 31 °C”.

- **Temperatura mínima.**

La temperatura mínima en la región, según el reporte de la estación meteorológica Tingo María se presentó el valor absoluto de 18.4 °C y según la estación Aucayacu presentó el valor absoluto de 15 °C “Para los dos primeros decadales del presente mes las temperaturas mínimas no tuvieron descensos significativos (comportamiento sobre lo normal), pero a finales del mes se presentaron los descensos ligeramente significativos en la estación de otoño.”.

- **Precipitación acumulada.**

Se presentaron precipitaciones más frecuentes en los tres decadales del mes, las precipitaciones más intensas se presentaron en la estación meteorológicas Aucayacu que registró el acumulado mensual de 284.6 mm, esta estación también registró el mayor acumulado diario de 60.8 mm. En la estación de Tingo María se registró un acumulado mensual de 136.8 mm. Cabe resaltar que en la estación de otoño es una estación de transición donde se van registrando las precipitaciones con acumulados importantes característicos de eventos de friaje. y también se empiezan a registrar la predominancia de días con buen tiempo”.

Tabla 6. Valores promedios y absolutos de temperatura, valores de precipitación de las estaciones meteorológicas correspondientes a la región Selva - Rupa Rupa de Huánuco.

Estación Meteorológica	Alt. (m. s.n. m)	Temperatura Máxima (°C)		Temperatura Mínima (°C)		Precipitación (mm)	
		Media	Absoluta	Media	Absoluta	Acumulado mensual	Máxima diaria
Tingo María	646	30.1	32.1	20.4	18.4	136.8	21.2
Aucayacu	586	30.1	33.0	16.5	15.0	284.6	60.8

Zona de vida

ZEE - HUANUCO (2016), menciona que en la provincia de Leoncio Prado se han determinado Once (11) zonas de vida de los cuales 3 zonas de vida abarcan gran parte de la provincia entre ellos tenemos: el Bosque muy Húmedo Premontano Tropical con un 37.4%, Bosque muy Húmedo Tropical con un 22.0% y el Bosque Húmedo Tropical con un 17.2%. En esta provincia no se encuentra Estepas como zona de vida.

Así mismo, tipifica al distrito de Luyando como “una zona de vida de Bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh-PmT) con régimen climático cambiante”.

Relieve

PAT MPLP (2019) nos dice que la provincia de Leoncio Prado se encuentra ubicada en la selva alta o rupa rupa, el cual se ubica entre los 500 y más de 3500 metros de altitud haciendo de esta una provincia muy variada con gran cantidad de pisos ecológicos que dan cuenta de su riqueza ecológica y su gran diversidad destinada a la productividad así como a la conservación, de esto podemos identificar la altitud de cada una de las capitales las cuales se caracterizan por encontrarse en el eje de la vía paralelo al río Huallaga.

Hidrografía

El Distrito está delimitado por los Ríos Huallaga por el Oeste y el Río Tulumayo por el Este las que sirven como vías de transporte fluvial a través de balsas, canoas con motor fuera de borda y como fuente de recurso para la pesca. Otros de los ríos que atraviesan el Distrito, Supte y Shapajilla, los que son afluente del río Huallaga. En los periodos de lluvia las zonas pantanosas y aguajales aumentan sus dimensiones; dificultando el acceso a los caseríos.

Geología

La caracterización geológica comprende a las unidades lito estructurales que dominan el ambiente físico vinculado directamente por el Complejo Maraón del Neoproterozoico sobre el cual se han desplazado

formaciones litológicas sedimentarias importantes, así como intrusivos como las dioritas, tonalitas y granodioritas por lo general. Específicamente, en el ámbito de la Provincia de Leoncio Prado, las principales unidades litoestratigráficas y rocas metamórficas que la caracterizan en si están comprendidas areniscas, lutitas, calizas margas, esquistos y micaesquistos, así como granitos gneisificados y en pocas proporciones conglomerados con areniscas y lodolitas.

En la localidad de Caserío de Santa Rosa de Shapajilla predomina geologicamente depósitos aluviales y fluviales. (PAT MPLP, 2019)

Geomorfología

Para el caso de la Provincia de Leoncio Prado, se evidencia unidades de gran paisaje como planicies, colinas y afloramientos rocosos en su mayor proporción y en el Caserío de Santa Rosa de Shapajilla terraza aluvial alta y fluvial baja inundable. La caracterización geomorfológica se basa en aspectos superficiales y el origen de las formas de relieve actual, así como los procesos morfodinámicos más importantes y frecuentes que actualmente modelan el paisaje del ámbito de estudio.

Asimismo, en el aspecto morfológico predomina el paisaje montañoso, con presencia de un valle muy variable en cuanto a longitud en los flancos del Huallaga. (PAT MPLP, 2019)

Accesibilidad

La accesibilidad a la zona es a través de una carretera de concreto desde la ciudad de Tingo María hasta el caserío en la carretera Belaunde.

4.2. APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Cálculo del peligro

- **Levantamiento topográfico del terreno**

Se cubrió toda el área de estudio, mediante un vuelo de DRONE para realizar el modelo de elevación digital (MED). La resolución del píxel del MED es de 10 cm, posteriormente se filtraron las alturas de los árboles y viviendas para trabajar la simulación a nivel del terreno.

- **Caudal de inundación**

Debido a la falta de información sobre caudales máximo a nivel de cuenca y por ser el distrito de Luyando un área de estudio pequeño, para el cálculo de inundación se utilizó este procedimiento por conveniencia.

En base al tiran de altura de inundaciones pasadas se realizó el calculo del caudal de inundación, cuyas marcas de referencia se encontraron a base de visitas a viviendas accesibles, donde al momento de inundación fueron las más afectadas del centro poblado, donde la mayor altura promedio fue de 1.43 m. Las coordenadas de la sección de corte transversal son las siguientes: 391530.48 E y 8980142.49 N hasta 391725.06 E y 8980444.87 N. Se utilizó la ecuación de Manning, considerando un coeficiente de rugosidad de 0.047 para el cauce principal y 0.060 para la zona de desborde (zona con vegetación). Finalmente se sumaron ambos caudales y se introdujeron en el modelo HEC – RAS.

- **Clasificación del peligro en función a la profundidad e inundación**

El calculó del peligro se hizo a partir de las profundidades y velocidades de inundación, los rangos de clasificación son los propuestos por (INDECI, 2011) y se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Clasificación de la intensidad del peligro y ponderación Saaty respectiva.

Niveles de intensidad	Profundidad del flujo (H) (m) (inundaciones estáticas)	Profundidad x velocidad, del flujo (m^2/s) (inundaciones dinámicas)	Ponderación Saaty
Muy alta	$H > 1.5 \text{ m}$	$H*V > 1.5 \text{ m}$	0,503
Alta	$0.5 \text{ m} < H < 1.5 \text{ m}$	$0.5 \text{ m} < H*V < 1.5 \text{ m}$	0,260
Media	$0.25 \text{ m} < H < 0.5 \text{ m}$	$0.25 \text{ m} < H*V < 0.5 \text{ m}$	0,134
Baja	$0.05 \text{ m} < H < 0.25 \text{ m}$	$H*V < 0.25 \text{ m}$	0,068
Muy baja	$< 0,05 \text{ m}$	$H*V < 0,25$	0,035

Fuente: (INDECI, 2011).

Análisis de vulnerabilidades

- **Evaluación de la exposición**

Para evaluar el nivel de exposición se tomó en cuenta el estudio de Uzielli et al., (2008) quien relaciona la densidad poblacional (Hab/Km²) con el nivel de exposición.

Figura 4. Índice de exposición función a la densidad poblacional

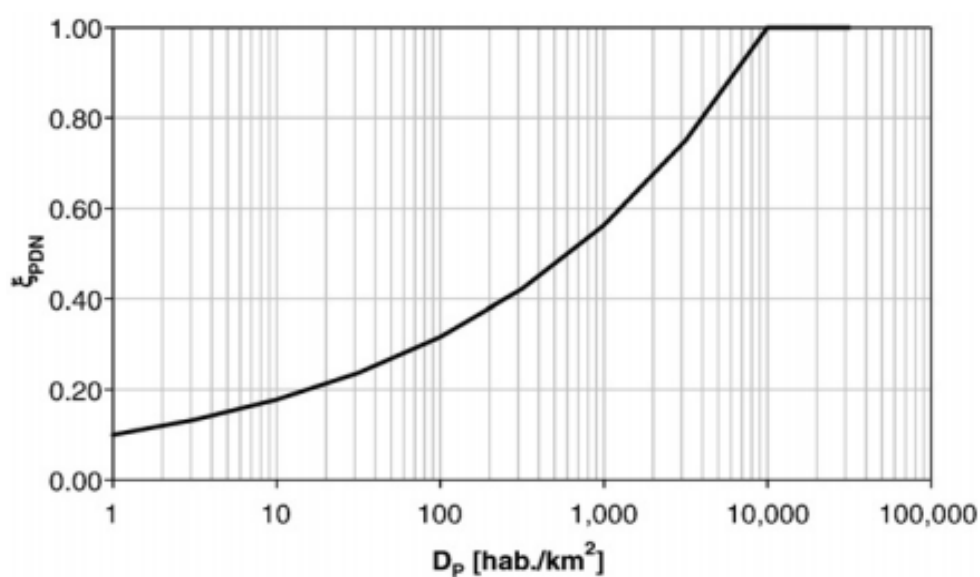


Tabla 8. Ponderación Saaty del indicador de exposición.

Densidad Poblacional (Hab/km²)¹	Peso
> 3952	0.503
1227 - 3952	0.26
221 - 1226	0.134
19 - 220	0.068
0 - 18	0.035

¹ rangos adaptados del estudio de Uzielli *et al.*, (2008)

- **Evaluación de la fragilidad**

Para evaluar la fragilidad se consideraron indicadores que nos informen sobre el grado de “debilidad” que tiene la población en lo material y personal. Los indicadores y sus pesos respectivos se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Ponderación Saaty de los indicadores de fragilidad ante inundaciones

Dimensión	Código	Indicador	Peso Saaty
Grupo etario	GE	0 - 5 años y mayores de 65	0,503
		5 -12 años y de 60 - 65 años	0,26
		12 - 15 años y de 50 – 60 años	0,134
		15 – 30 años	0,068
		30 – 50 años	0,035
Nivel de discapacidad	ND	Dependencia total	0,503
		Dependencia severa	0,26
		Dependencia moderada	0,134
		Dependencia escasa	0,068
		Independencia	0,035
Material de construcción de paredes	MCPa	Esteras	0,503
		Adobe	0,26
		Calamina	0,134
		Madera	0,068
		Ladrillo o bloque de cemento	0,035
Material de construcción del piso	MCPi	Tierra	0,503
		Cemento	0,26
		Losetas, terrazos, cerámicos o similares	0,134
		Parquet o madera pulida	0,068
		Madera	0,035

Estado de la edificación	EE	Muy malo	0,503
		Malo	0,26
		Regular	0,134
		Bueno	0,068
		Muy bueno	0,035

Tabla 10. Pesos relativos para las dimensiones de la fragilidad ante inundaciones.

Parámetros	Porcentaje
Grupo etario	7,83%
Nivel de discapacidad	38,09%
Material de construcción de paredes	5,90%
Material de construcción del piso	7,00%
Estado de la edificación	41,17%

- **Evaluación de la resiliencia**

Para la resiliencia se consideraron las dimensiones e indicadores que se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Ponderación Saaty de los indicadores de resiliencia ante inundaciones.

Dimensión	Código	Indicador	Peso Saaty
Grado de instrucción	GI	Inicial o ninguno	0,503
		Primaria incompleta	0,26
		Secundaria completa	0,134
		Superior no culminada	0,068
		Superior finalizado	0,035
Ingreso Familiar	IF	Menos del sueldo mínimo	0,503
		De 930 - 1500 soles	0,26
		De 1501 - 2200 soles	0,134
		De 2201 – 2860 soles	0,068
		Mayor a 2860 soles	0,035
Actitud frente al riesgo	AFR	Actitud fatalista	0,503
		Actitud escasamente previsor	0,26
		Actitud parcialmente previsor sin acción	0,134
		Actitud parcialmente previsor con acción	0,068
		Actitud previsor	0,035
Tipo de seguro afiliado	TSA	Ninguna	0,503
		SIS	0,26
		ESSALUD	0,134

		FFAA – PNP	0,068
		Privado	0,035
Tenencia de la propiedad	TP	Otro	0,503
		Cedida por el trabajo y/o institución	0,26
		Alquilada	0,134
		Propia por invasión	0,068
		Propia, pagándola a plazos y/o pagada	0,035

Tabla 12. Pesos relativos para las dimensiones de la fragilidad ante inundaciones.

Parámetros	Porcentaje
Grado de instrucción	4,11%
Ingreso Familiar	43,95%
Actitud frente al riesgo	11,29%
Tipo de seguro afiliado	6,92%
Tenencia de la propiedad	33,74%

- **Cálculo de la vulnerabilidad**

Para el cálculo de vulnerabilidad se utilizó el plano catastral oficial del distrito de Luyando, facilitado por el área de catastro de la municipalidad distrital de Luyando. donde se calcularon por lotes obviándose invasiones o zonas no catastradas.

La vulnerabilidad se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Exposición} = \sum WE_i \times IE_i$$

$$\text{Fragilidad} = \sum WF_i \times IF_i$$

$$\text{Resiliencia} = \sum WR_i \times IR_i$$

Donde WE_i , WF_i y WR_i son los pesos de los i – ésimos indicadores de exposición, fragilidad y resiliencia y IE_i , IF_i y IR_i son los los i – ésimos indicadores de exposición, fragilidad y resiliencia.

$$\text{"Vulnerabilidad " = (Exposición + Fragilidad + Resiliencia) /3}$$

Estimación de los niveles de riesgo

Según la ley N°29664 mediante el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, el riesgo es una función $f()$ del peligro y la vulnerabilidad y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Tabla 13. Rangos de los niveles de riesgo.

Calificación	Rango
Riesgo Muy Alto	$0.260 \leq R < 0.503$
Riesgo Alto	$0.134 \leq R < 0.260$
Riesgo Medio	$0.068 \leq R < 0.134$
Riesgo Bajo	$0.035 \leq R < 0.068$
Sin Riesgo	$R < 0.035$

Fuente: CENEPRED (2015)

Tabla 14. Descripción de los niveles de riesgo

Niveles de riesgo	Descripción	Implicancias de Ordenamiento Territorial
Riesgo Muy Alto	Las personas están en peligro tanto dentro como fuera de sus casas. Existen grandes probabilidades de destrucción repentina de edificios y/o casas. Los eventos se manifiestan con una intensidad relativamente débil, pero con una frecuencia elevada o con intensidad fuerte. En este caso, las personas están en peligro afuera de los edificios.	Zona de prohibición, no apta para la instalación, expansión o densificación de asentamientos humanos. Áreas ya edificadas pueden ser protegidas con importantes obras de protección, sistemas de alerta temprana y evacuación temporal. Medidas estructurales que reduzcan el riesgo.
Riesgo Alto	Las personas están en peligro afuera de los edificios, pero no o casi no adentro. Se debe contar con daños en los edificios, pero no destrucción repentina de éstos, siempre y cuando su modo de construcción haya sido adaptado a las condiciones del lugar.	Zona de reglamentación, en la cual se puede permitir de manera restringida, la expansión y densificación de asentamientos humanos, siempre y cuando existan y se respeten reglas de ocupación del suelo y normas de construcción apropiadas. Construcciones existentes que no cumplan con las reglas y normas deben ser reforzadas, protegidas o desalojadas y reubicadas.

Riesgo Medio	El peligro para las personas es regular. Los edificios pueden sufrir daños moderados o leves, pero puede haber fuertes daños al interior de estos.	Zona de sensibilización, apta para asentamientos humanos, en la cual la población debe ser sensibilizada ante la ocurrencia de este tipo de peligro, a nivel moderado y poco probable, para el conocimiento y aplicación de reglas de comportamiento apropiadas ante el peligro.
Riesgo Bajo	El peligro para las personas y sus intereses económicos son de baja magnitud, con probabilidades de ocurrencia mínimas.	Zona de sensibilización, apta para asentamientos humanos, en la cual los usuarios del suelo deben ser sensibilizados ante la existencia de peligros muy poco probables, para que conozcan y apliquen reglas de comportamiento apropiadas ante la ocurrencia de dichos peligros.

Fuente: CENEPRED (2015)

4.3. PELIGRO DE INUNDACIÓN

Modelo de elevación digital del Terreno

Se realizó el levantamiento del terreno con un Drone, cuya resolución de píxel fue de 10 cm.

Caudal de inundación

El caudal se determinó a partir de las alturas de inundaciones pasadas registrados en las viviendas de los pobladores, encontrando una altura de 1,43 metros aproximadamente.

Figura 5. Sección transversal para el cálculo del caudal de inundación a partir de alturas de referencia de inundaciones pasadas.

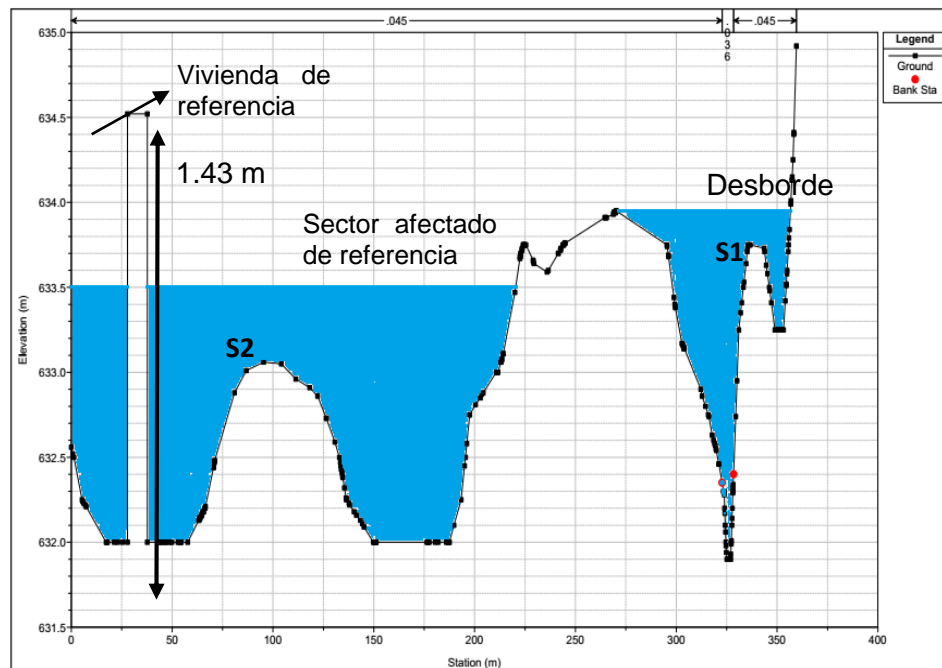


Figura 6. Sección de corte transversal

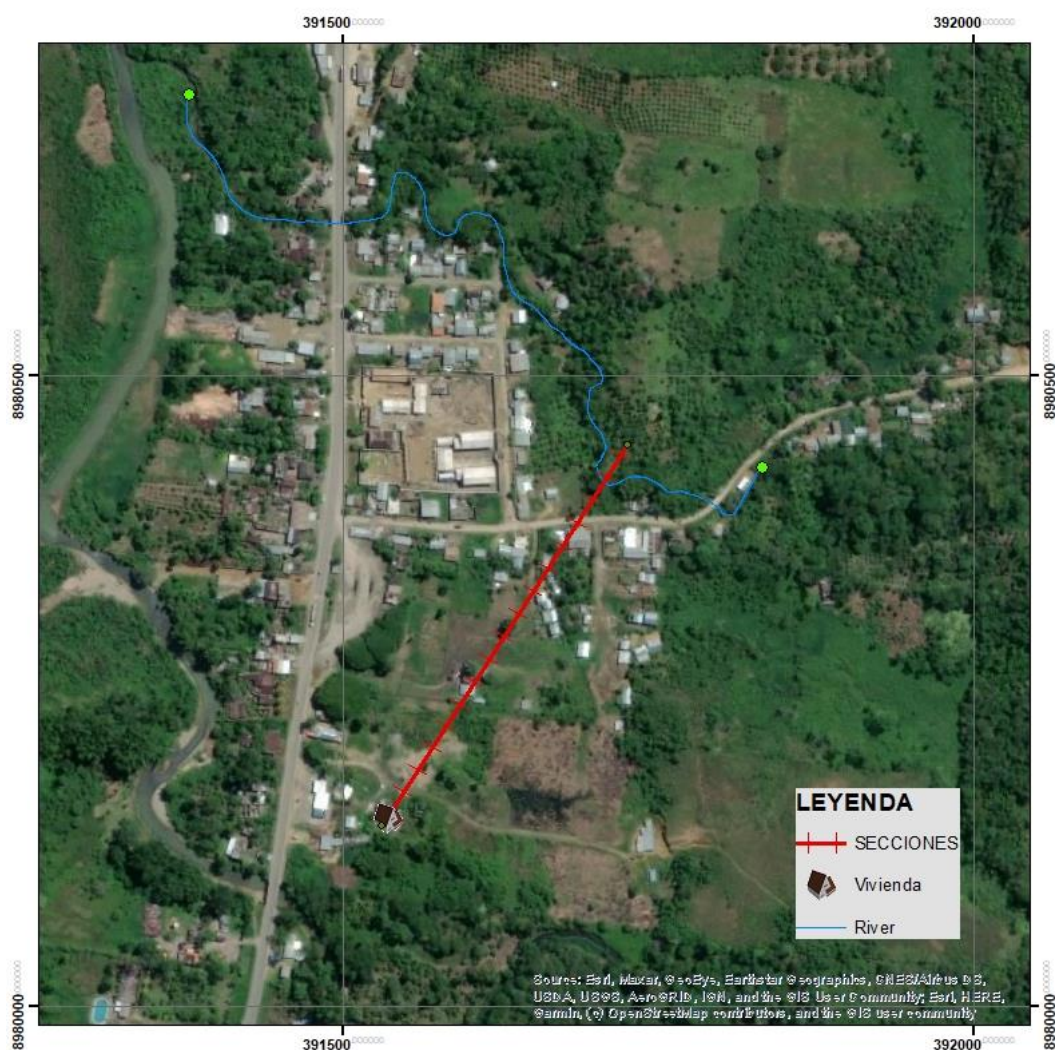


Tabla 15. Cálculo del caudal de inundación a partir de la ecuación de Manning, tomando como referencia las alturas de inundaciones pasadas

	P (m)	A (m ²)	S (m/m)	n	Q (m ³ /s)
Sector inundado 1	441,42	186,32	1,98E-03	0,047	99,26
Sector inundado 2	276,77	76,21	1,98E-03	0,060	23,92
Caudal total					123,18

Según los resultados de la modelación HEC – RAS, las profundidades de inundación alcanzan hasta los 3,38 m de altura. Las relaciones de lotes expuestos a diferentes profundidades se muestran en la Tabla 15.

Profundidades y velocidad de inundación en los lotes afectados

Figura 7. Profundidades de inundación debido al desborde de la quebrada Alimonia

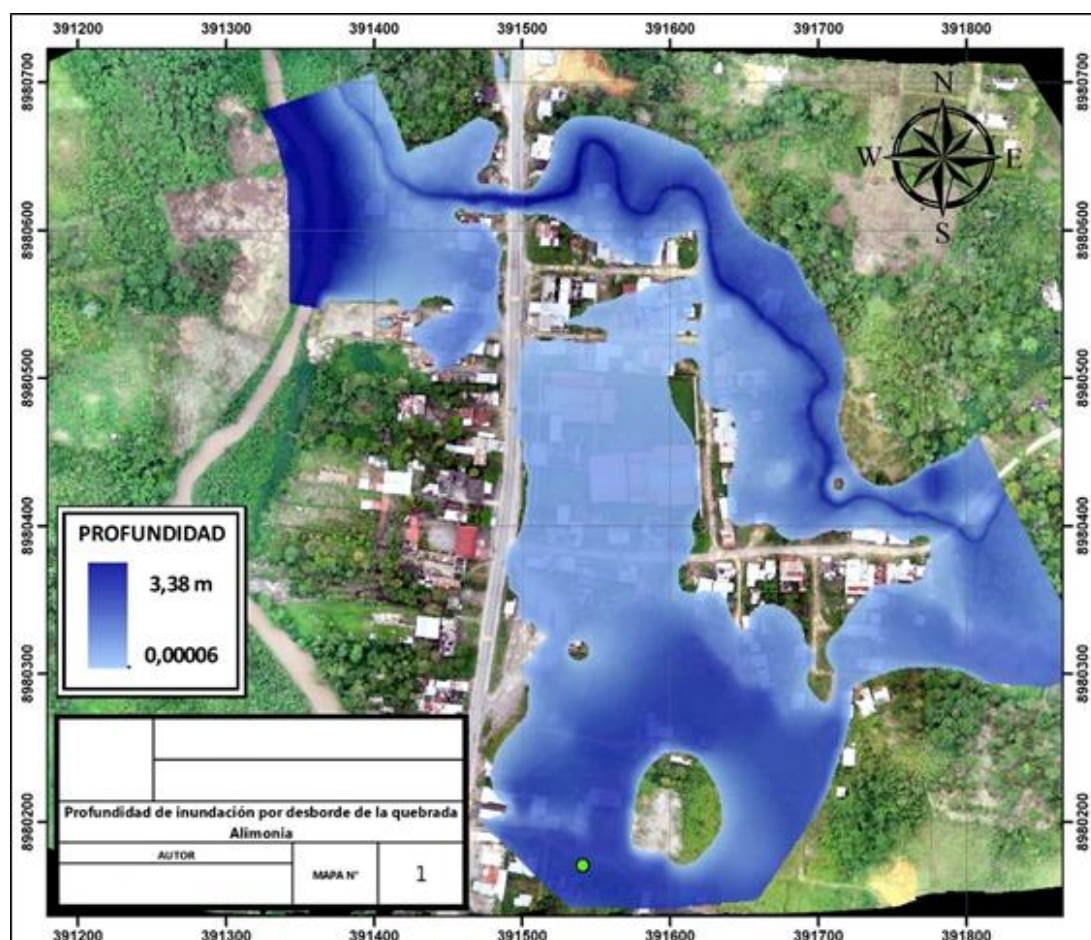


Tabla 16. Conteo y porcentaje de lotes expuestos a diferentes profundidades de inundación.

Profundidad de inundación	Lotes	%
De 0 a 25 cm	40	21,5%
De 25 cm a 50 cm	33	17,7%
De 50 cm a 1,5 m	87	46,8%
Mayor a 1,5 m	26	14,0%

Figura 8. Velocidades de inundación debido al desborde de la quebrada Alimonia.

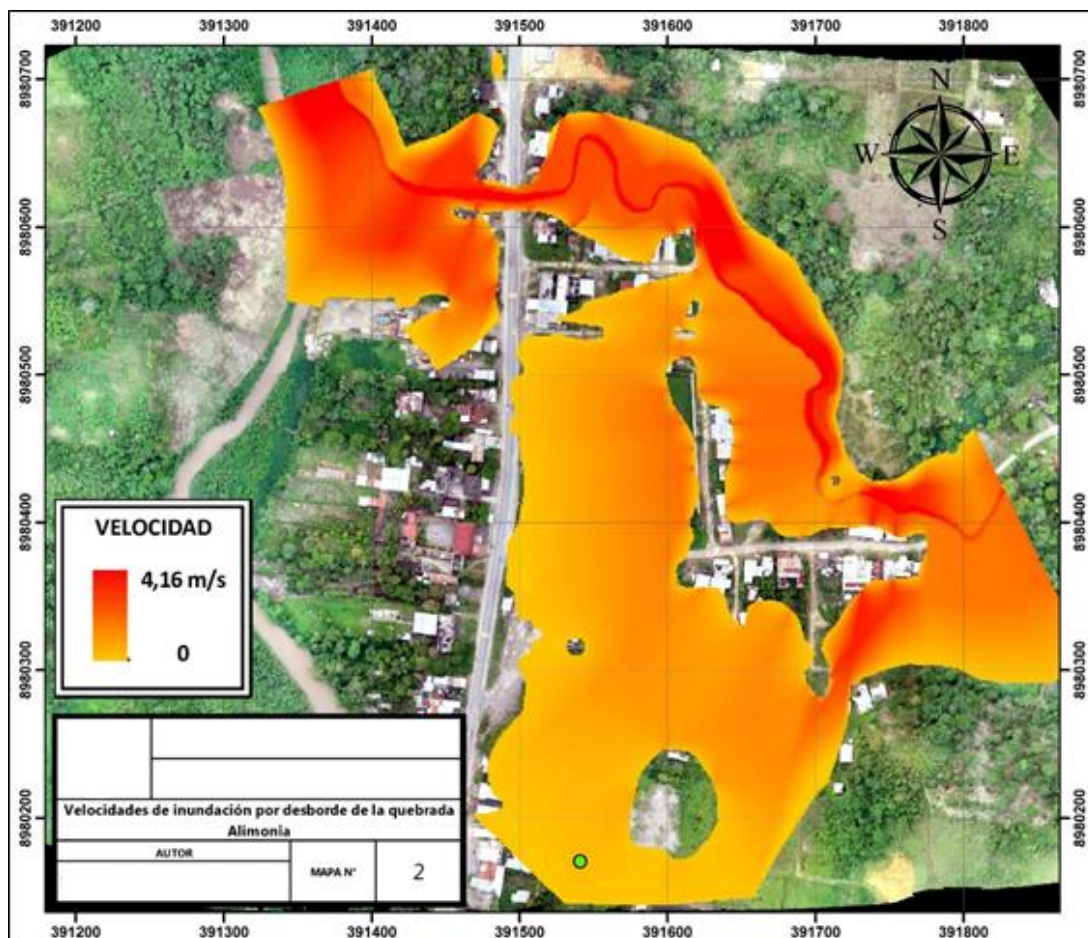


Figura 9. Niveles de peligro de inundación por desborde de la quebrada Alimonia en el Centro Poblado Santa Rosa de Shapajilla

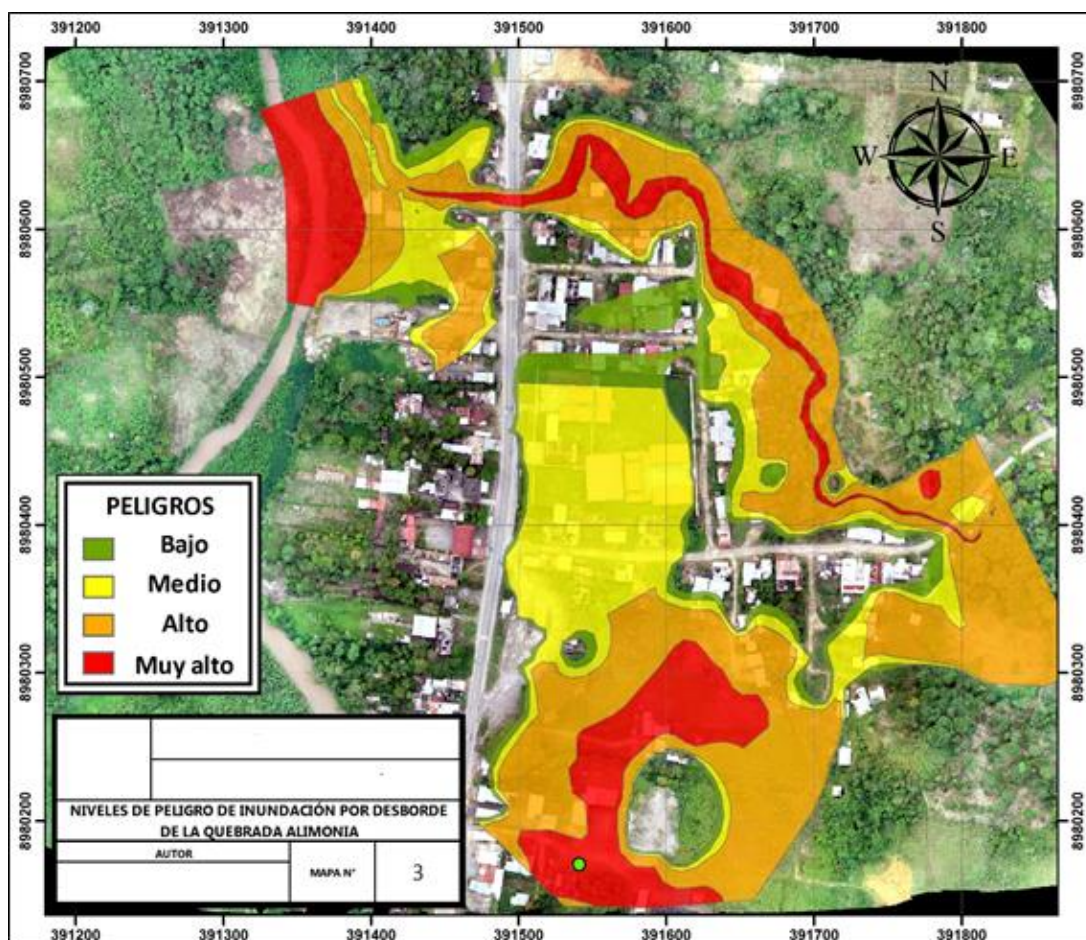


Tabla 17. Análisis de los lotes afectados por la inundación.

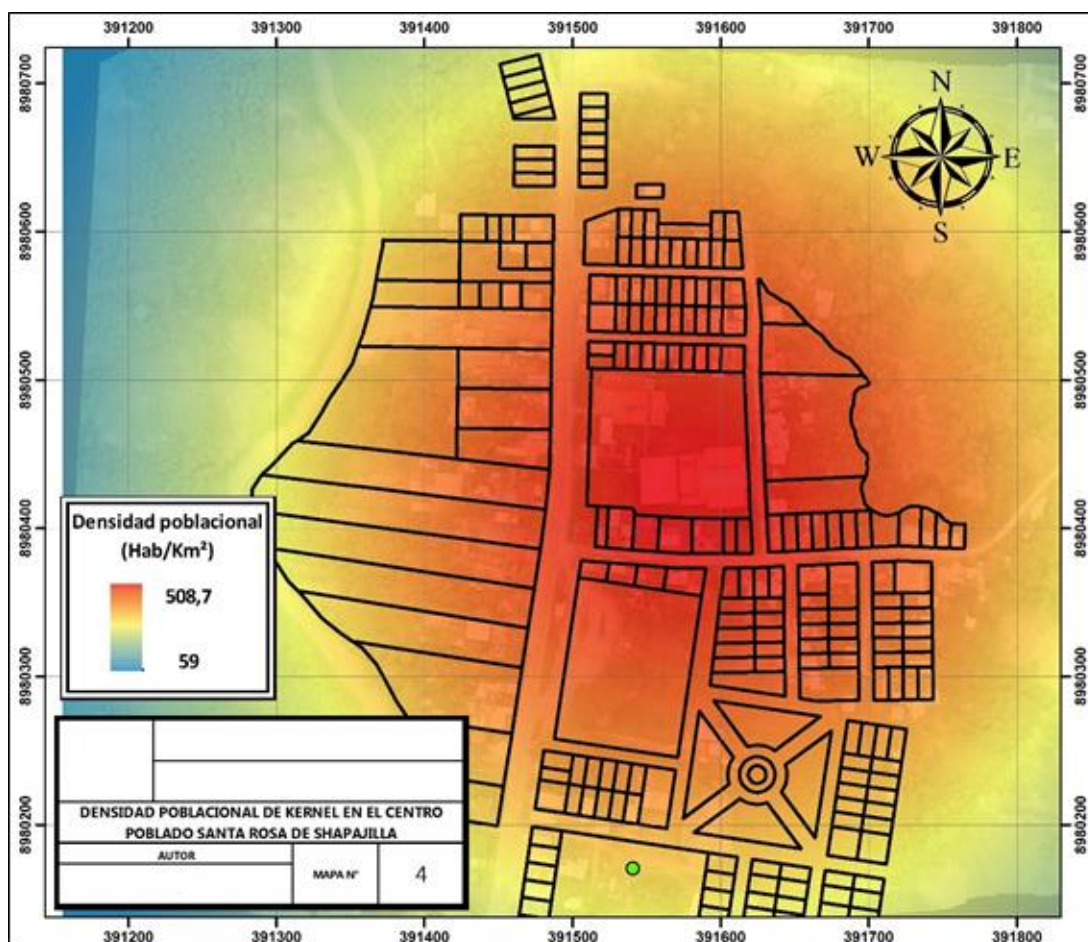
Niveles de peligro	Lotes	% de lotes
Bajo	34	18,9%
Medio	33	18,3%
Alto	87	48,3%
Muy alto	26	14,4%
Total	180	100,0%

La cantidad de lotes afectados por la inundación ascienden a 180, según la clasificación del nivel de peligro el 18,9% se encuentra en bajo, el 18,3% en medio, el 48,3% en alto y el 14,4% en muy alto.

4.4. VULNERABILIDAD

Exposición

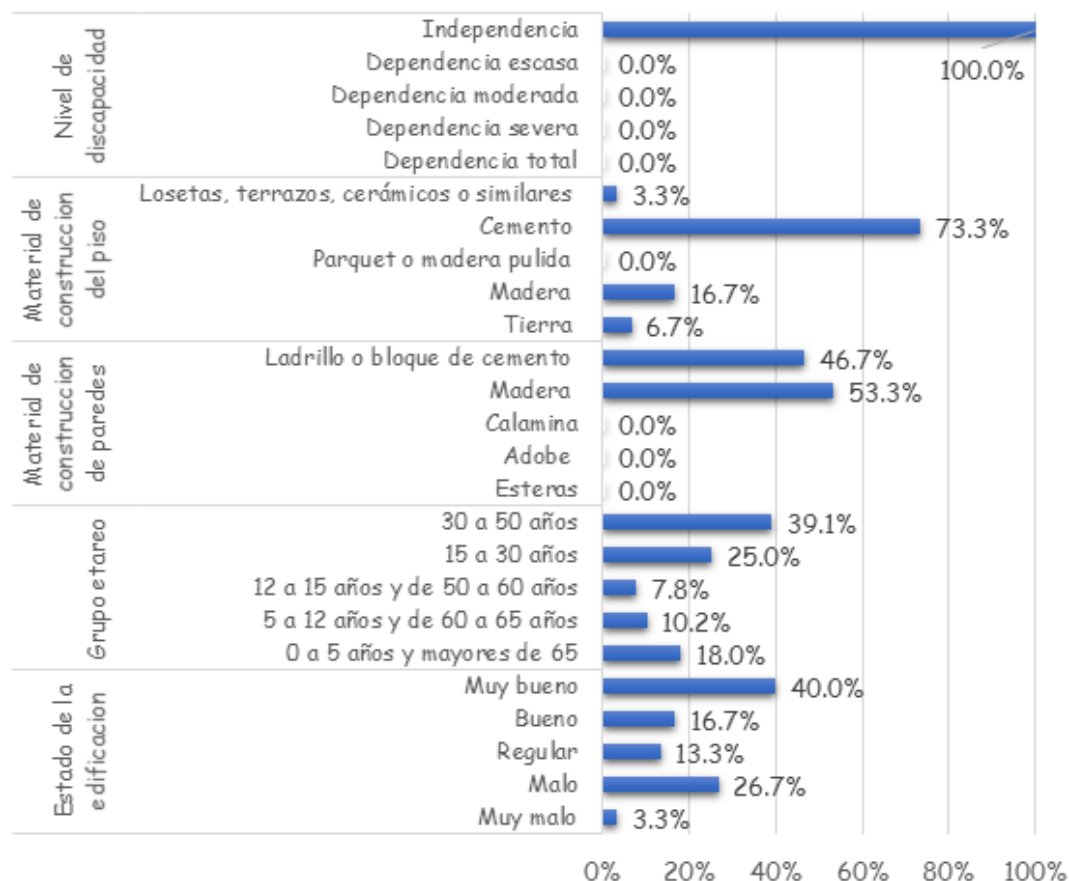
Figura 10. Densidad poblacional de Kernel para el cálculo de la exposición.



A partir del método Kernel, se calculó la densidad poblacional en el centro poblado Santa Rosa de Shapajilla para el cálculo de nivel de exposición. En la Figura 9 podemos ver que la densidad poblacional se concentra en el centro de la zona de estudio, siendo esto coherente ya que allí están presentes la mayor cantidad de viviendas

Fragilidad

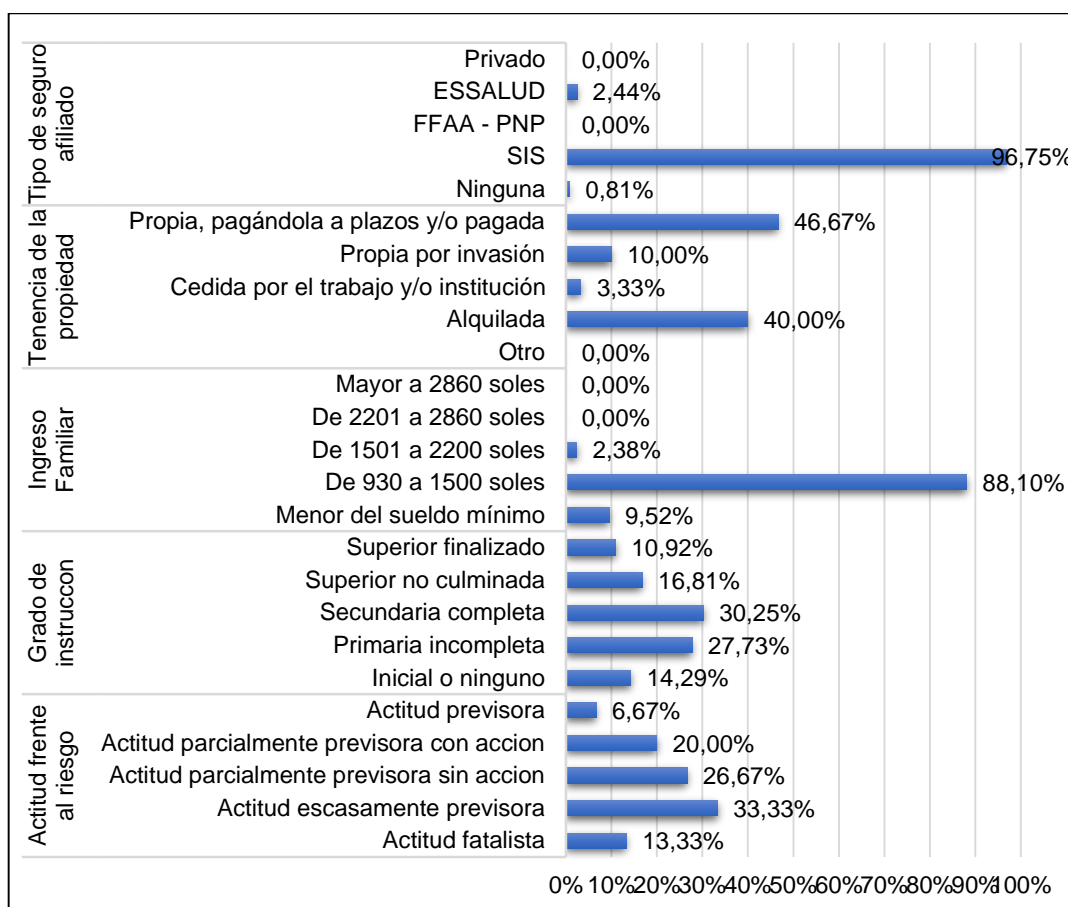
Figura 11. Indicadores de fragilidad ante inundación por el desborde de la quebrada Alimonia en el centro poblado “Santa Rosa de Shapajilla”



Los resultados generales del análisis de la fragilidad se muestran en la Figura 10. En las encuestas no se encontraron personas con alguna discapacidad, por ello el 100% resulto independiente para sus actividades, El material de construcción de los pisos es en mayor proporción de cemento (73.3%), con respecto a las paredes, aproximadamente la mitad de ellas es de cemento y la otra mitad de madera; el grupo etario con mayor porcentaje son personas de 30 a 50 años (39.1%), el grupo etario más vulnerable (de 0 a 5 años y mayores de 65) representan solo un 18%. Finalmente, el estado de edificación de las viviendas es en su mayoría muy bueno (40%) y en menor proporción los muy malos (3.3%).

Resiliencia

Figura 12. Indicadores de resiliencia ante inundación por el desborde de la quebrada Alimonia del caserío de Santa Rosa de Shapajilla.



Los resultados generales de la resiliencia se muestran en la Figura 11. Los resultados muestran que 96.75% de la población tiene SIS, 40% vive alquilado, el 46.67% tiene vivienda propia; El 88.10% tiene un ingreso familiar de 88%; en mayor proporción, el grado de instrucción alcanzado es de secundaria completa (30.25%) y la tercera parte de la población, posee una actitud escasamente previsor.

Figura 13. Niveles de vulnerabilidad en el caserío Santa Rosa de Shapajilla

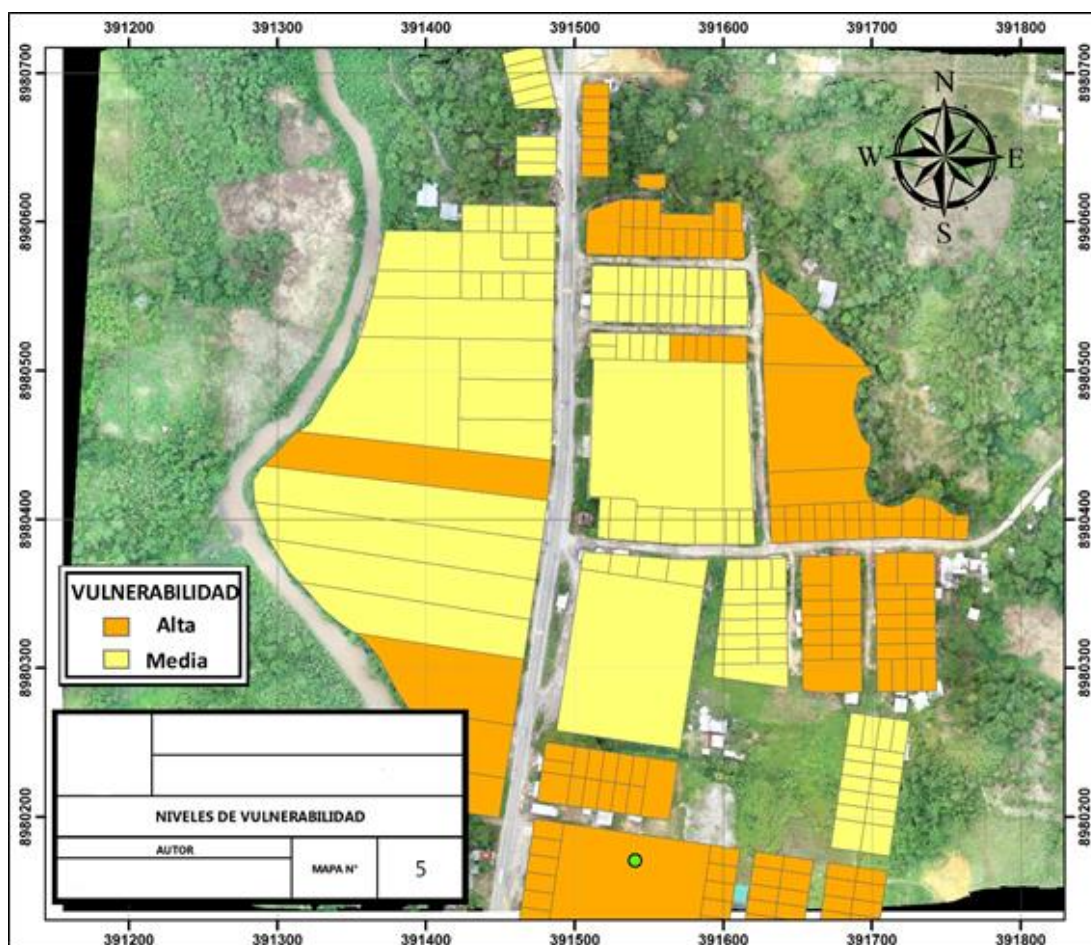


Tabla 18. Niveles de vulnerabilidad en el caserío Santa Rosa de Shapajilla.

Niveles de vulnerabilidad	Lotes	% de lotes
Alta	142	58,7%
Media	100	41,3%
Total	242	100,0%

Los lotes identificados por el plano catastral facilitado son 242, según el análisis estos están en las categorías de niveles de vulnerabilidad de media a alta en 41,53% y 58,7% respectivamente.

4.5. RIESGOS

Figura 14. Niveles de riesgos de inundación por desborde de la quebrada Alimonia en el caserío de Santa Rosa de Shapajilla

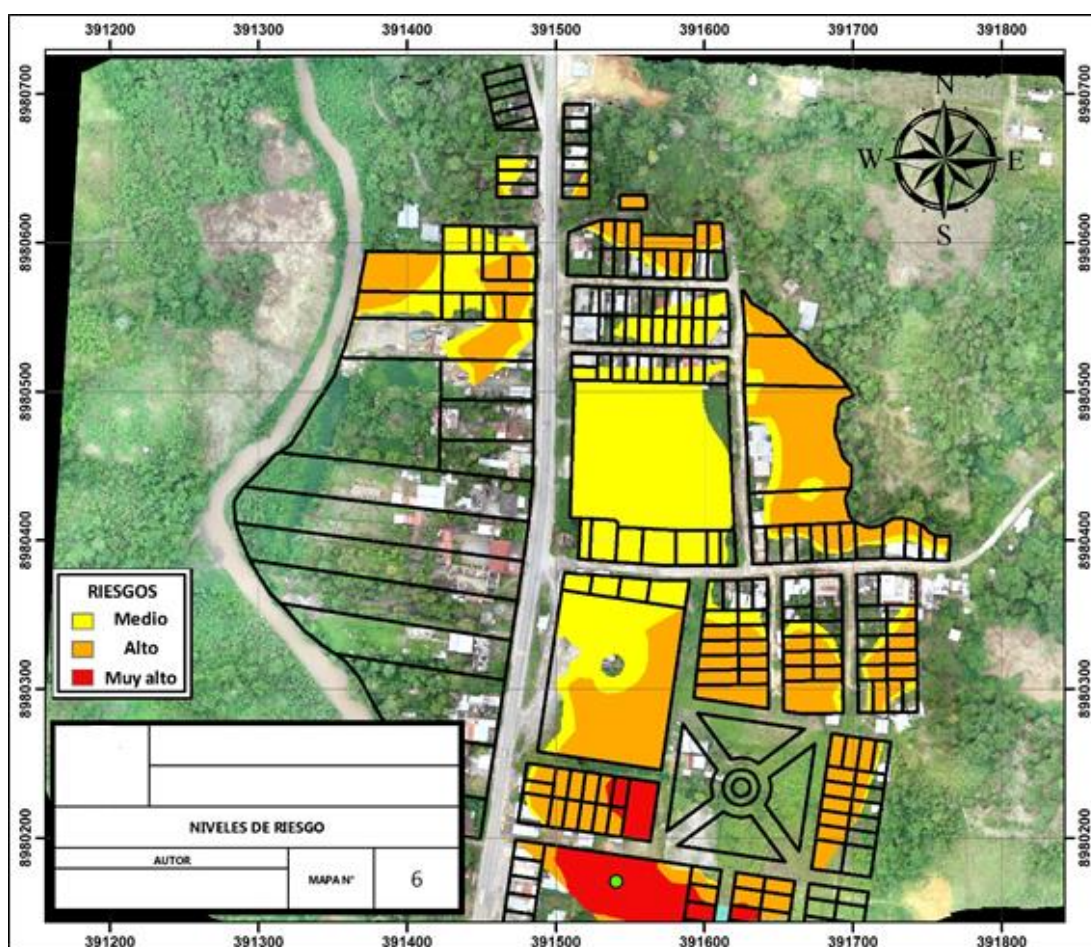


Tabla 19. Niveles de riesgo en el caserío Santa Rosa de Shapajilla

Niveles de riesgo	Lotes	% de lotes
Alto	107	60,3%
Medio	55	30,5%
Muy alto	18	9,2%
Total	180	100,0%

CAPITULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. PELIGROS DE INUNDACIÓN

El peligro está relacionado con el nivel de daño que puede causar un determinado fenómeno. En el cálculo del peligro, la metodología CENEPRED (2015) permite al evaluador determinar el peligro a partir de factores condicionantes y desencadenantes, sin embargo, a la hora de calcular el nivel de peligro, según LIND et al., (2004) los parámetros más importantes son las características de la inundación misma, otros parámetros son considerados como secundarios y solo son útiles cuando no se conocen las características de la inundación como la profundidad, velocidad, energía cinética, etc. Por estas razones, el presente trabajo de investigación utilizó los parámetros de velocidad y profundidad de inundación para calcular el peligro, siguiendo los mismos rangos propuestos por INDECI (2011).

Los rangos propuestos por INDECI (2011) para caracterizar los niveles de peligro por inundación, tomando en cuenta la velocidad y profundidad de inundación, se muestran en la Tabla 1, estos rangos coinciden con la Guía para el análisis y la cartografía de los riesgos de inundación de la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) de los Estados Unidos.

Las profundidades de inundación del presente estudio alcanzan hasta 3,38 m de altura en la simulación con un caudal máximo estimado de 123,18 m³/s, comparándolo con el estudio de TAPULLIMA (2018) la profundidad de inundación alcanzada es de 3,72 m con un caudal de 134,18 m³/s. Las profundidades son similares ya que ambas zonas son próximas y presentan características similares.

Los lotes afectados por el desborde de la quebrada Alimonia en el presente estudio son 180, debido a la baja densidad poblacional del centro poblado en comparación con las 262 familias en el estudio realizado por TUESTA (2018) en la que se analiza el desborde del río Huallaga.

5.2. VULNERABILIDADES DEL CASERÍO

Con respecto al nivel de exposición, la densidad poblacional de Santa Rosa de Shapajilla es de 59 a 508,7 Hab/Km² y según los rangos propuestos de UZIELLI et al., (2008) a esta densidad se le considera un nivel de exposición medio.

Con respecto a la fragilidad física, existe un 26.7% de viviendas que se encuentran en un mal estado, un 53,3% de las viviendas tiene paredes de madera y un 23.4% tienen pisos de tierra y cemento. Con respecto a la fragilidad de las personas se encontró que el 100% de la muestra indicó que no tiene discapacidades en cuanto al nivel de dependencia física, sin embargo, el 18% de la población son personas menores de 5 años y mayores de 65, esta cohorte es altamente vulnerable Según SURIYA y MUDGAL (2012) la forma correcta de evaluar la fragilidad es considerando tanto el ámbito físico como humano, en ese sentido, la Fragilidad evaluada en este estudio, consideró ambos elementos. Por otra parte, la razón de consistencia del Análisis Jerárquico resultó menor al 10% y según AGUARON Y MORENO-JIMÉNEZ (2003) si la RC es menor a 0,1 se puede afirmar que los pesos asignados son consistentes.

Con respecto a la resiliencia el 88,10% de la población afirma que sus ingresos son menores a 1500 soles y un 9.52% afirma que vive con ingresos menores al sueldo mínimo, estos niveles económicos hacen que sea muy difícil la recuperación ante un eventual daño de la vivienda o a las personas debido a las inundaciones, sin embargo, un 96.75% afirma que se encuentra afiliado al SIS, lo que significa que en caso de daños a la persona, esta tiene un lugar a donde acudir, aunque como sabemos el SIS presenta muchas deficiencias de atención. También se analizó la actitud frente al riesgo y el grado académico, considerando que ambos factores puedan explicar el nivel de respuesta ante una inundación. Los resultados muestran que el 46.7% de la población posee una actitud ante el riesgo fatalista y escasamente previsor y el nivel de educación en el 42% es de inicial o primaria completa. Estos resultados son indicadores que muestran la necesidad de un plan de educación y prevención ante el riesgo.

Por estas razones, los niveles de vulnerabilidad en Santa Rosa de Shapajilla fueron de medios a altos, los

5.3. RIESGOS DE INUNDACIÓN

Del total de 180 lotes construidos que fueron afectados por la inundación, los niveles de riesgo presentados fueron: 107 riesgo medio, 55 riesgo alto y 18 riesgo muy alto. Según el estudio realizado por ZHAI et al., (2003) existe una relación entre la probabilidad de heridos y muertos en función del número de lotes afectados por inundación. Para 180 lotes, existe una probabilidad máxima del 31.34% de que al menos una persona resulte herida y una probabilidad máxima de 9.72% de que al menos una persona resulte muerta.

Los riesgos encontrados en el estudio de TAPULLIMA (2018) son de alto y muy alto en 12.44% y 87.56% del área de estudio respectivamente. Lo cual es ligeramente similar a las proporciones de nuestro estudio.

CONCLUSIONES

Para el peligro de inundación, la cantidad de lotes afectados asciende a 180, los cuales se encuentran en las categorías de peligro bajo, medio, alto y muy alto en un 18,9% (34), 18,3% (33), 48,3% (87) y 14,4% (26) respectivamente.

Para los niveles de vulnerabilidad en el caserío, se encontró que 58,7% (142) de los lotes tiene una vulnerabilidad alta, 41,3% (100) de los lotes tienen una vulnerabilidad media.

Para los niveles de riesgo, de los 180 lotes construidos afectados por la inundación 107 (60,3%) presentan riesgo medio, 55 (30,5%) presentan riesgo alto y 18 (9,2%) presentan riesgos muy altos.

RECOMENDACIONES

- Para calcular con mayor exactitud los caudales máximos, trabajar con más estaciones meteorológicas de mayor cercanía, y realizar un análisis geoespacial para interpolación de este parámetro,
- Para la identificación del peligro usando la metodología CENEPRED, en caso de usar la simulación HEC – RAS, solo tomar las profundidades de inundación y velocidades como determinantes del peligro y de acuerdo con diferentes niveles de profundidad – velocidad, establecer ponderaciones con la matriz SAATY.
- Para el análisis de vulnerabilidades se recomienda que el mismo se realice a nivel de manzanas o sectores, y en el mejor de los casos a nivel de lotes ya que de esta manera se podrá tener una idea más clara de los riesgos presentes en la zona de estudio.
- Sensibilizar a la población con temas ambientales (residuos sólidos y conservación de sus recursos) y riesgo por inundaciones, ya que en su mayoría la población mostró desinterés para el trabajo de prevención y manejo de riesgo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUARÓN, J., & MORENO-JIMÉNEZ, J. M. (2003). The geometric consistency index: Approximated thresholds. *European journal of operational research*, 147(1), 137-145.
- CASEY, M. (5 de Marzo de 2015). Global cost of flooding to increase tenfold by 2030. Obtenido de CBS News: <https://www.cbsnews.com/news/global-cost-of-flooding-to-increase-tenfold-by-2030/>
- CENEPRED. (2015). Manual para la evaluación de riesgos de origen natural (2). Lima: NEVA STUDIO S.A.C.
- CRED. (2015). The human cost of natural disasters: A global perspective. Centre of Research on the Epidemiology of Disasters.
- DIRESA (2018). IPRESS según categoría y quintil. Oficina de Informática, Telecomunicaciones y Estadística. Huánuco - Perú. 11p.
- GARCÍA, V., ABRAMONTE, J., ANGÚLO, R. D., & FERRER, L. (2012). Análisis Situacional de Salud de Santa Rosa de Shapajilla. Ministerio de Salud. Tingo María: Puesto de Salud Santa Rosa de Shapajilla.
- GOBIERNO REGIONAL DE HUÁNUCO. (2016). Estudio: Zonificación Ecológica Económica Base para el ordenamiento territorial de la Región Huánuco. Huánuco, Perú. 260p.
- INDECI. (2011). Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales. Lima - Perú.
- ISDR. (2011). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. Estrategia Internacional para la Reducción de Riesgos de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR).
- LIND, N., HARTFORD, D., & ASSAF, H. (2004). Hydrodynamic models of human stability in a flood. *AWRA Journal of the American Water Resources Association*, 40(1), 89-96.
- MINAM. (2016). Objetivos del Desarrollo Sostenible e Indicadores. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Investigación e Información Ambiental. Lima: Viceministerio de Gestión Ambiental.

- MINAGRI. (2012). Principales cultivos agrícolas en la provincia de Leoncio Prado. Proyecto Especial Alto Huallaga - Dirección de medio ambiente y desarrollo productivos. Tingo María - Perú.
- MINEDU. (2019). Censo Escolar 2017, servicios educativos. Estadística de la Calidad Educativa. <http://escale.minedu.gob.pe/padron-de-iiiee>.
- MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE LEONCIO PRADO. (2019). Plan de Acondicionamiento Territorial provincia de Leoncio Prado 2020-2040. Tingo María, Perú. 502p.
- SÁNCHEZ CARLESSI H. Y REYES MEZA C. (2006). Metodología y diseños en investigación científica. Edit. Visión Universitaria. Lima – Perú.
- SENAMHI. 2020. Boletín Hidroclimático mensual. Dirección Zonal 10 – Huánuco, Perú. Boletín Técnico nº09. 13p.
- SURIYA, S., & MUDGAL, B. V. (2012). Impact of urbanization on flooding: The Thirusoolam sub watershed – A case study. Journal of Hydrology, 412, 210-219.
- TUESTA, J. 2018. Evaluación de la vulnerabilidad y riesgo por inundación del río Huallaga en la ciudad de Tingo María en un entorno SIG. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 107p.
- UZIELLI, M., NADIM, F., LACASSE, S., & KAYNIA, A. (2008). A conceptual framework for quantitative estimation of physical vulnerability to landslides. Engineering Geology, 102(3), 251-256.
- ZHAI, G., Fukuzono, T., & Ikeda, S. (2006). An empirical model of fatalities and injuries due to floods in Japan. Journal of the American Water Resources Association, 42(4), 863-875.

ANEXOS

Anexo 1: Encuesta

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Buen día estimado(a) señor(a) residente del Centro Poblado “Santa Rosa de Shapajilla”

El tratamiento de los datos que aquí figuren será confidencial y únicamente con fines de investigación, por lo que no se facilitarán a ninguna persona u organización ajena a la misma. La participación es totalmente con fines de investigación, por lo que le rogamos la máxima sinceridad. Gracias.

INFORMACIÓN SOCIECONÓMICA

1. Grupos etarios

En su familia ¿Cuántas personas tienen ...	Canti dad	
	M	H
...de 0 a 5 años y mayores de 65 años?		
...de 5 a 12 años y de 60 a 65 años?		
...de 12 a 15 años y de 50 a 60 años?		
...de 15 a 30 años?		
...de 30 a 50 años?		

2. Grado de instrucción

El grado de instrucción educativa es	Cantid ad
Inicial o ninguno	
Primaria completa	
Secundaria completa	
Superior no culminado	
Superior finalizado	

3. Ingreso económico (Total)

Ingreso familiar	Cantidad		
Menor del sueldo mínimo	M 1	M 2	M 3
De 930 a 1500 soles			
De 1501 a 2200 soles			
De 2201 a 2860 soles			
Mayor a 2860 soles			

4. Actitud frente al riesgo

¿Ha tomado Ud. alguna medida de prevención ante una inundación?
¿Sabría qué hacer?

SI _____ NO _____

Si su respuesta es SI, ¿Cuáles son esas medidas de prevención? ¿Qué haría?

5. Tipo de seguro de salud

Tipo de seguro afiliado	Cantidad
Ninguna	
SIS	
ESSALUD	
FFAA - PNP	
Privado	

6. Tipo de tenencia de la vivienda

Régimen de tenencia	Ch ek
Otro	
Cedida por el trabajo y/o institución	
Alquilada	
Propia por invasión	
Propia, pagándola a plazos y/o pagada	

7. Discapacidad:

Capacidades	Descripción	Marcar
Comer	incapaz	
	necesita ayuda	
	independiente (la comida está al alcance de la mano)	
Aseo personal	necesita ayuda con el aseo personal	
	independiente	
Para sus necesidades	dependiente	
	necesita ayuda	
	independiente	
Para bañarse	dependiente	
	independiente para bañarse o ducharse	
Desplazarse	inmóvil	
	independiente en silla de ruedas en 50 m	
	anda con pequeña ayuda de una persona (física o verbal)	
	independiente al menos 50 m	
Subir y bajar escaleras	incapaz	
	necesita ayuda física o verbal	
	independiente para subir y bajar	

INFORMACIÓN FÍSICA

1. Material de construcción de las paredes

Material de construcción en paredes	Marcar
Adobe	
Calamina	
Madera	
Ladrillo o bloque de cemento	

2. Material de construcción del piso

Material de pisos	Marcar
Tierra	
Cemento	
Losetas, terrazos, cerámicos o similares	
Parquet o madera pulida	
Madera	
Laminas asfálticas, vinílicos o similares	
Otro material predominante en pisos	

3. Estado de la edificación

Estado de la edificación	X
Muy malo: las edificaciones en que las estructuras presentan tal deterioro, que hace presumir su colapso.	
Malo: las edificaciones no reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome y que los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	
Regular: las edificaciones que reciben mantenimiento esporádico, cuya estructura no tiene deterioro y si lo tiene no lo compromete y es sustentable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioros visibles debido al uso normal	
Bueno: las edificaciones que reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	
Muy bueno: las edificaciones que reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno.	

Anexo 2. Tablas utilizadas.

Tabla 20. Matriz de comparación de pares de las dimensiones de fragilidad.

	GE	ND	MCPa	MCPi	EE
GE	1,000	1/9	2,000	1,500	1/7
ND	9,000	1,000	4,000	5,000	1,000
MCPa	½	1/4	1,000	1/1,5	1/7
MCPi	1/1,5	1/5	1,500	1,000	1/6
EE	7,000	1,000	7,000	6,000	1,000

Tabla 21. Cálculo de la razón de consistencia para la fragilidad.

Vector Priorización	Vector Suma ponderada	λ_{max}	Índice de consistencia	Razón de consistencia
0,078	0,402	5,139	0,052	0,046
0,381	2,084	5,470		
0,059	0,299	5,066		
0,070	0,356	5,077		
0,412	2,174	5,280		

Tabla 22. Matriz de comparación de pares de las dimensiones de resiliencia”

	GI	IF	AFR	TSA	TP
GI	1,000	1/7	1/3	1/2	1/9
IF	7,000	1,000	5,000	4,000	3,000
AFR	3,000	0,200	1,000	3,000	1/5
TSA	2,000	0,250	0,333	1,000	1/7
TP	9,000	0,333	5,000	7,000	1,000

Tabla 23. Cálculo de la razón de consistencia para la resiliencia

Vector Priorización	Vector Suma ponderada	λ_{max}	Índice de consistencia	Razón de consistencia
0,041	0,214	5,199	0,102	0,091
0,440	2,580	5,871		
0,113	0,599	5,307		
0,069	0,347	5,017		
0,337	1,902	5,638		

Anexo 2. Mapas y planos

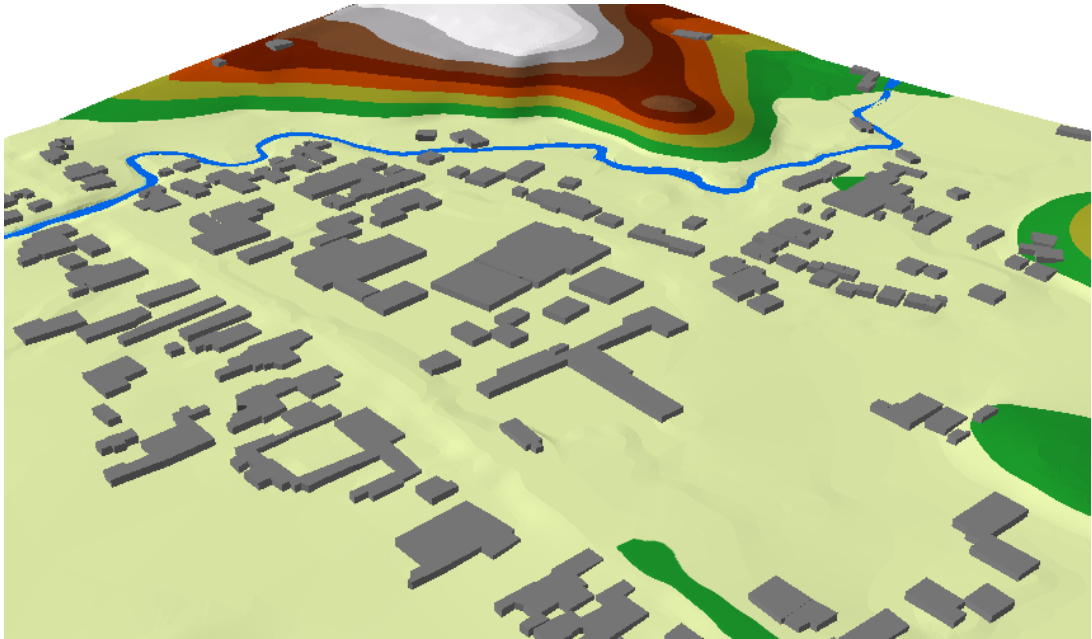
Figura 15. Imagen aérea tomada por el Drone.



Figura 16. Visualización 3D a partir del modelo de elevación digital generado por el Drone



Figura 17. Visualización 3D en base al modelo de elevación digital generado por el Drone procesado en ArcGIS, considerando solo el nivel del terreno y las viviendas construidas.



Anexo 3. Panel fotográfico

Figura 18. Drone PHANTON 4 Pro utilizado para el levantamiento fotográfico.



Figura 19. Elevación del Drone para iniciar el trabajo de tomar fotografías aéreas de la zona de estudio.

